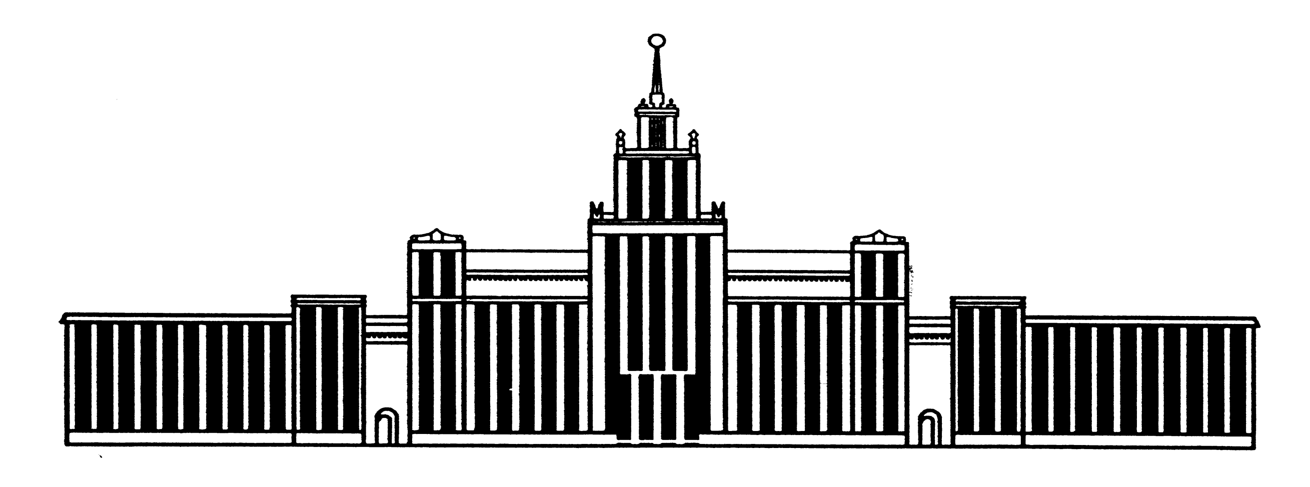
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

662(07)
К179

А.Н. Каляженков, Д.П. Мальгин

ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА И ПОРОХА

Учебное пособие

Челябинск
2014

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Факультет военного обучения

662(07)
К179

А.Н. Каляженков, Д.П. Мальгин

ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА И ПОРОХА

Учебное пособие

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2014

УДК 662.3(075.8)
К179

Одобрено
учебно-методической комиссией
факультета военного обучения

Рецензенты:
Балабин В.И., Тараканов И.А., Кузнецов А.И.

Каляженков, А.Н.

К179 Взрывчатые вещества и пороха: учебное пособие / А.Н. Каляженков, Д.П. Мальгин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 140 с.

В пособии изложены основные положения по классификации, характеристике и практическому применению взрывчатых веществ, средств инициирования, порохов, твердых топлив и пиротехнических средств.

Пособие соответствует требованиям подготовки специалистов в области эксплуатации боеприпасов и предназначено для студентов и преподавателей военной кафедры.

УДК 662.3(075.8)

ВВЕДЕНИЕ

Краткий исторический очерк развития порохов и взрывчатых веществ

Взрывчатыми веществами называются особые группы веществ, способных под влиянием сравнительно небольших внешних воздействий (удара, накола, нагрева и т. д.) к быстрым химическим превращениям, сопровождающимся столь же быстрым выделением тепла и образованием сильно нагретых газов, которые могут производить работу разрушения или метания.

Взрывчатые вещества нашли широкое применение как в военном деле, так и в различных отраслях хозяйства. В военном деле взрывчатые вещества применяются для метательных целей в огнестрельном оружии и для разрушительных целей в качестве разрывного заряда различных боеприпасов и подрывных средств. Главным преимуществом взрывчатых веществ перед другими источниками энергии (за исключением атомной) является огромная мощность их взрывчатого превращения, позволяющая производить большую работу в чрезвычайно короткие промежутки времени, что особенно ценно в военном деле, где выигрыш времени в проведении боевых операций часто приводит к победе. Наряду с этим громадная мощность взрыва обусловливает чрезвычайно сильное разрушительное его действие по броне и другим защитным сооружениям противника, что также очень существенно в условиях современной войны. Значение взрывчатых веществ в военном деле видно хотя бы из того, насколько велик расход боеприпасов в последних войнах.

Так, за первую мировую войну 1914—1918 гг. воюющими странами израсходовано более 1 млрд. штук артиллерийских выстрелов.

Еще большим был расход боеприпасов во вторую мировую войну. Промышленность СССР изготовила только в 1944 г. 240 млн. снарядов, бомб и мин.

Производство взрывчатых веществ в крупнейших странах в период войны достигало многих сотен тысяч тонн (в Германии в 1944 г. произведено около 750 тыс. т порохов и взрывчатых веществ).

Огромно значение взрывчатых веществ и в промышленности и в сельском хозяйстве, где они облегчают труд человека и ускоряют производство работ. Такие работы, как прокладка туннелей и каналов в твердых породах и уничтожение подводных скал, были бы трудно выполнимы, а иногда и невозможны без применения взрывчатых веществ (в 1933г. для образования прохода для железнодорожного полотна на Кавказе использовано 277 тонн ВВ). Добывание каменного угля, строительных материалов из горных пород, различных руд и других полезных ископаемых значительно облегчается и ускоряется применением

взрывчатых веществ (в 1966г. для камнесброса селезащитной полосы у г.Алма-Ата использовано 5300 тонн ВВ).

В сельском хозяйстве взрывчатые вещества применяются для корчевания пней и уничтожения валунов. Примером широкого использования взрывчатых веществ может служить применение таковых в каменноугольной промышленности, где на каждую тонну угля расходуется в среднем более 100 г взрывчатых веществ (например в 1936 году при вскрытии Коркинского месторождения в Челябинской области было использовано 1808 тонн ВВ).

Расход взрывчатых веществ на крупнейших стройках нашей страны исчисляется десятками тысяч тонн.

Первым был применен на практике дымный порох (смесь селитры, серы и угля). Определить с достаточной точностью, когда и где впервые появился этот первый представитель взрывчатых веществ и порохов, не представляется возможным.

По историческим документам видно, что составы, подобные дымному пороху, были известны многим азиатским народам до нашей эры. Вначале такие составы находили применение для изготовления фейерверков. Затем составы типа дымного пороха стали применяться в зажигательных и подрывных средствах в военном деле.

Данные летописей позволяют утверждать, что порох для огнестрельного оружия появился на Руси до 1382 г., так как совершенно точно известно, что в 1382 г. при Дмитрии Донском во время обороны Москвы от нашествия татаро-монгольских орд хана Тохтамыша русские применили дымный порох для артиллерийской стрельбы.

При Иване Грозном (1533—1584 гг.) пороходелие в России приобрело широкий по тому времени размах, что позволило успешно снабжать порохом, стоявшую на высоком для того времени техническом уровне артиллерию.

Производство пороха в России долгое время находилось в руках отдельных заводчиков. Первый государственный («казенный») завод в России был построен в 1665 г. под Москвой.

В период царствования Петра I (1682—1725 гг.) были построены пороховые заводы в Сестрорецке и в Петербурге (Охтинский пороховой завод). Позже в 1765 г. был построен Шостенский, а в 1788 г.— Казанский пороховые заводы. В конце XVIII в. на основе работ великого русского ученого М. В. Ломоносова в пороходелие были внесены значительные улучшения. В частности, было подобрано рациональное соотношение компонентов пороха (75% калиевой селитры, 10% древесного угля и 10% серы) и усовершенствован процесс его производства.

Состав дымного пороха, установленный на основании работ М. В. Ломоносова, не претерпел изменений до настоящего времени. Позднее

вопросами улучшения качества дымного пороха занимались профессора Артиллерийской академии Л. Н. Шишков, впервые установивший состав продуктов горения пороха, А. В. Гадолин и Н. В. Маиевский, предложившие выгодную в баллистическом отношении форму зерна дымного пороха в виде шестигранных призм с одним и с семью каналами, послужившую образцом для современных семи- и одноканальных порохов коллоидного типа.

В конце XVIII и XIX вв. были сделаны величайшие открытия во всех областях науки и техники, на основе чего бурным темпом развилась промышленность, в частности, химическая. В результате развития химии и на базе нового сырья в виде неорганических кислот и органических соединений создались возможности для синтеза взрывчатых веществ.

Гремучую ртуть в 1774 году открыл лейб-медик французского королевского двора доктор Бойен. Применить ее в огнестрельном оружии врач не додумался. Его последователи - Фуркруа, Вокелен и Бертолле, проводившие опыты с гремучей ртутью в 1785-1788 гг., так же не смогли применить изобретение Бойена в оружейном деле. Последнему из этой троицы, знаменитому химику Бертолле, принадлежит открытие хлорноватокислого калия, и сегодня известного как «бертолетова соль». Но и бертолетова соль не нашла применения в качестве альтернативы пороховому составу. В 1799 году англичанин Эдвард Говард изобретает т.н. «Говардов порох» (другое название - «Говардова ртуть»). Этот порох, представлял собой смесь гремучей ртути с селитрой и использовался в кремневом замке стрелкового оружия в качестве затравки для выстрела.

Если гремучую ртуть изобрел врач, то опыты с ударными составами для огнестрельного оружия проводил шотландский священник Александр Джон Форсайт, который в 1809 году запатентовал ударное оружие и шарики-капсюли, взрывающиеся от удара.

С 1843 г. гремучая ртуть стала применяться в России для снаряжения капсюлей-воспламенителей, а с 60-х годов — в капсюлях-детонаторах. С появлением капсюлей-воспламенителей резко улучшились тактико-технические свойства стрелкового оружия. Мало удобные фитильные и кремневые ружья были заменены более удобными и более скорострельными ружьями, в которых капсюль разбивался ударом бойка. Применение капсюля-детонатора, впервые предложенного капитаном Д. И. Андриевским в 1865 г., наряду с появившимися новыми взрывчатыми веществами (впоследствии названными бризантными), сыграло громадную роль в развитии техники артиллерийского вооружения, так как позволило резко увеличить могущество боеприпасов.

В 1832 г. французским химиком Анри Браконно был получен пироксилин (нитрат клетчатки). Однако изучением свойств его тогда не занимались и по существу прошли мимо этого взрывчатого вещества. В 1846—1848 гг. академик Г. И. Гесс и полковник А. А. Фадеев исследовали

свойства пироксилина и показали, что по мощности пироксилин в несколько раз превосходит дымный порох.

В 1877 г. в России было решено применить пироксилин для снаряжения артиллерийских снарядов. В 1880 г. пироксилин готовился уже в больших количествах на заводе Морского ведомства в Петербурге. На этом же заводе в 1890 г. под руководством гениального ученого Д. И. Менделеева был получен «пироколлодий», имеющий ряд положительных качеств по сравнению с обычным пироксилином.

Применение пироксилина для снаряжения боеприпасов взамен дымного пороха является важным этапом в развитии артиллерии, так как снаряженные пироксилином боеприпасы обладали значительно большим могуществом в действии у цели. Тем не менее, существенные недостатки пироксилина, а именно: его высокая чувствительность, сравнительно малая химическая стойкость и плохая прессуемость, заставили отказаться от его применения для снаряжения боеприпасов. Пироксилин был вскоре вытеснен бризантными взрывчатыми веществами, полученными путем нитрования производных бензола (фенол, толуол).

В 1847 г. итальянский ученый Асканио Собре́ро первым получил еще более мощное взрывчатое вещество — нитроглицерин (первоначально названный пироглицерином). Но до 1854 г. нитроглицерин вследствие большой опасности не использовался. Впервые предложение о практическом применении нитроглицерина для разрывных зарядов в артиллерийских снарядах внес в 1854 г., во время Крымской войны, проф. Н. Н. Зинин. Но вследствие большой опасности при снаряжении и при использовании боеприпасов, снаряженных нитроглицерином, Главное артиллерийское управление отказалось от применения нитроглицерина.

В 60-х годах XIX столетия ученик и сотрудник Н. Н. Зинина В. Ф. Петрушевский предложил взрывчатую смесь типа динамита, состоящую из 75% нитроглицерина и 25% углекислого магния. Н. Н. Зинину также принадлежит честь открытия явления детонации.

В 1885 г. французский химик и изобретатель Эжен Тюрпен исследовал взрывчатые свойства пикриновой кислоты, известной в течение 100 лет как краситель. Пикриновая кислота уступает по мощности пироксилину и нитроглицерину, но превосходит их по стойкости и безопасности в обращении. Вследствие этого она была быстро принята для снаряжения боеприпасов в ряде стран. В России пикриновая кислота стала применяться в качестве бризантного взрывчатого вещества для разрывных зарядов боеприпасов с 1888 г. С 1894—1895 гг. пикриновая кислота окончательно вытеснила пироксилин в снарядах сухопутной артиллерии и была штатным взрывчатым веществом до 1909 г., когда она в свою очередь была заменена тротилом. Основным недостатком пикриновой кислоты является ее способность реагировать с металлами с образованием очень чувствительных к внешним воздействиям солей (пикратов).

В 1909 г. В России вместо пикриновой кислоты для снаряжения боеприпасов был принят тротил, полученный впервые в 1863 г. немецким химиком Йозефом Вильбрандом.

Тротил — несколько менее мощное взрывчатое вещество, чем пикриновая кислота, но при удовлетворительных взрывчатых качествах значительно безопаснее в применении, удобен в снаряжении и имеет более широкую сырьевую базу. Вследствие этого тротил и до сих пор является основным бризантным взрывчатым веществом, применяющимся для снаряжения почти всех видов боеприпасов как в чистом виде, так и в смесях и сплавах с другими взрывчатыми веществами и главным образом в смеси с аммонийной селитрой.

В 1877 г. немецким ученым Михлером был впервые получен тетрил. В России тетрил стали производить с 1910 г. По настоящее время тетрил применяется в основном для изготовления детонаторов.

Наряду с появлением новых бризантных веществ появились и новые пороха. Вследствие малой мощности дымного пороха начальная скорость снарядов, а следовательно, и дальность полета их были невелики. Кроме того, дымный порох при стрельбе давал много дыма, что затрудняло наблюдение и демаскировало стреляющего. Поэтому вставал вопрос об изыскании новых, более мощных типов порохов.

Развитие техники и в связи с этим появление новых взрывчатых веществ и источников сырья (целлюлоза, глицерин и т. п.) сделали эту задачу разрешимой.

В 1884 году французский пороховой инженер Поль Вьель изобрел бездымный порох, который был основан на пироксилине, смешанном с эфиром и спиртом. Порох Вьеля произвел революцию в мире стрелкового огнестрельного оружия.

В 1887 году в Великобритании, Альфред Нобель разработал бездымный порох названный баллиститом, который в последствии был модифицирован Фредериком Абелем и Джеймсом Дьюаром в новый состав, названный кордитом.

В 1990 году Д.И.Менделеев получил пироколлодийный порох. Высокую оценку пироколлодийному пороху дал адмирал С. О. Макаров, главный инспектор артиллерии морского флота — испытания 1893 года показали пригодность нового пороха для использования в орудиях всех калибров. Вскоре после изобретения пироколлодийный порох Менделеева был принят на производство в США и Россия, «по извечной своей традиции», в Первую мировую войну в огромном количестве покупала его в Америке.

Появление бездымных порохов с одновременным применением нарезной артиллерии привело к перевороту в артиллерийской технике: резко увеличились дальность и точность стрельбы. Увеличилась и массовость применения артиллерии. Перед промышленностью стал вопрос

об обеспечении артиллерии надлежащим количеством бездымных порохов высокого качества.

Большую роль в развитии пороходелия сыграли труды русских ученых и специалистов. В 1888 г. на Охтинском пороховом заводе профессор Артиллерийской академии Н. П. Федоров, преподаватель С. В. Панпушко, заместитель начальника завода А. В. Сухинский, начальник опытной мастерской 3. В. Калачев в короткий срок отработали два вида порохов (пластинчатый для винтовок и ленточный для орудий) и разработали технологию их приготовления. В дальнейшем процесс, производства порохов всесторонне исследовался и совершенствовался. Д. И. Менделеев в 1890 г. предложил безопасный метод обезвоживания пироксилина спиртом вместо опасной сушки.

Большое значение имели также работы ближайшего сотрудника Д. И. Менделеева по лаборатории Военно-Морского ведомства - И. М. Чельцова в области исследования разрушительного действия взрыва. Результаты этих исследований, особенно в части, касающейся действия подводных взрывов, не утратили своего значения и в настоящее время. В результате работ таких ученых, как М. В. Ломоносов, Д. И. Менделеев, А. В. Сапожников, и таких специалистов, как Г. П. Киснемский, В. Н. Никольский и др., в России к началу войны 1914—1918 гг. была создана на достаточно высоком уровне промышленность взрывчатых веществ и порохов. Однако вследствие недальновидности руководящих царских чиновников и экономической зависимости русской промышленности от иностранного капитала мощность казенных заводов развивалась крайне медленно и последние во время войны 1914—1918 гг. не смогли обеспечить потребности русской армии в порохах и взрывчатых веществах.

Большая часть взрывчатых веществ и примерно две трети порохов ввозились из-за границы. Некоторым выходом из создавшегося тяжелого положения, связанного с недостатком взрывчатых веществ, явилось предложение профессора Артиллерийской академии А. А. Солонины и Е. Г. Громова применять вместо тротила и мелинита аммотолы (смеси аммонийной селитры с тротилом). По предложению А. А. Солонины стали применять также один из видов аммонала (смесь аммонийной селитры, ксилила и алюминия) для снаряжения ручных гранат.

Аммонийно-селитренные взрывчатые вещества были известны и до войны 1914—1918 гг., но в военном деле не применялись, хотя еще в 1886 г. И. М. Чельцов предложил Морскому ведомству для снаряжения мин и снарядов смесь из 72,5% аммонийной селитры и 27,5% пикрата аммония, названную им «громобоем». После 1917 года правительство приняло все меры к полному обеспечению Советского Союза собственными взрывчатыми веществами и порохами. Основываясь на опыте первой

мировой войны, советские специалисты в области взрывчатых веществ должны были решить следующие задачи:

1) изыскание новых инициирующих взрывчатых веществ, менее чувствительных, чем гремучая ртуть, и новых более мощных бризантных взрывчатых веществ и порохов с широкой сырьевой базой;

2) совершенствование технологических процессов получения взрывчатых веществ и порохов и создание достаточных производственных мощностей;

3) совершенствование и механизация методов снаряжения боеприпасов;

4) создание новых пиротехнических средств и разработка способов их снаряжения.

В 1926—1928 гг. профессор А. А. Солонина провел большую работу по исследованию свойств азида свинца, известного в литературе с 1891 г., и разработал достаточно безопасный метод его получения. Азид свинца значительно превосходит гремучую ртуть по инициирующей способности и в два раза менее чувствителен к внешним воздействиям. Высокая чувствительность гремучей ртути, применявшейся ранее в артиллерийских капсюлях-детонаторах, служила серьезным препятствием к совершенствованию артиллерии, так как не позволяла увеличивать начальные скорости снарядов, что было необходимо для эффективного поражения бронированных (танки) и быстродвижущихся (самолеты) целей, появившихся на поле боя в конце первой мировой войны.

Организация производства азида свинца по методу А. А. Солонины позволила реализовать исключительно большой важности предложение С. П. Вуколова, сделанное им еще в 1913 г., об изготовлении комбинированных азидных капсюлей-детонаторов, значительно более стойких к сотрясению при выстреле и при ударе о преграду, чем гремучертутные, в результате чего представилась возможность принять на вооружение артиллерийские системы с большими начальными скоростями.

В 1927 г. по инициативе того же А. А. Солонины был внедрен в производство стифнат свинца, до того мало изученный. А. А. Солонина предложил применять стифнат свинца в азидных капсюлях-детонаторах для обеспечения безотказного действия их от капсюлей-воспламенителей.

В начале 30-х годов широко развернулись работы по изысканию новых мощных взрывчатых веществ с целью расширения сырьевой базы для бризантных взрывчатых веществ и повышения мощности боеприпасов.

Исследования показали, что из большого числа полученных и изученных взрывчатых веществ особого внимания заслуживают тэн и гексоген. Тэн и гексоген обладают широкой сырьевой базой и по мощности значительно превосходят ранее применявшиеся бризантные взрывчатые вещества.

Во время второй мировой войны эти два взрывчатых вещества широко использовались воюющими странами для детонаторов и разрывных зарядов бронебойных и кумулятивных боеприпасов.

В дальнейшем, наряду с изысканием новых взрывчатых веществ, велись работы по усовершенствованию технологических процессов производства существующих бризантных веществ. В результате усилий в этом направлении были установлены рациональные и высокоэффективные процессы производства.

В период 1923—1924 гг., на основе учета опыта первой мировой войны, советская пороховая промышленность освоила изготовление зерненых семиканальных порохов для артиллерии, одноканальных флегматизированных для винтовок и пулеметов и порохов трубчатой формы для крупнокалиберной морской артиллерии. Зерненые пороха имеют ряд преимуществ перед пластинчатыми и ленточными порогами.

В период 1928—1941 гг. на базе технико-экономических достижений нашей страны в пороховой промышленности произошли коренные изменения в производственных мощностях, в технологических процессах, в оборудовании заводов и в номенклатуре выпускаемых порохов, в частности, было освоено производство нитроглицериновых порохов.

За годы советской власти на базе созданной техники резко улучшилось снаряжение боеприпасов.

Развитие снаряжательного производства в Советском Союзе осуществлялось по линии разработки новых более эффективных методов снаряжения, механизации отдельных операций и внедрения более совершенной аппаратуры.

Благодаря этим мероприятиям было достигнуто огромное увеличение производительности снаряжательных заводов, а также существенное повышение качества снаряжения, что привело к увеличению эффективности действия советских боеприпасов.

Важное значение в развитии снаряжения боеприпасов имел разработанный в 30-х годах советским специалистом Н. Т. Зверевым новый метод наполнения корпусов боеприпасов шнекованием.

В начале 30-х годов С. П. Вуколовым был разработан кусковой метод снаряжения авиабомб и снарядов крупного калибра, увеличивший производительность снаряжения более чем в два раза.

Военная пиротехния также резко развилась. Еще в период первой мировой войны пиротехнические средства (осветительные, сигнальные, зажигательные и др.) находили широкое применение как вспомогательные средства при ведении боевых действий.

Большое значение для развития военной пиротехнии имело открытие русским академиком Н. Н. Бекетовым реакции алюминотермии (1865 г.), которая явилась основной теоретической предпосылкой для получения высокоэффективных зажигательных средств.

За годы новейшей истории России военная пиротехния получила широкое научное развитие. Творческий коллективный характер советской науки в сочетании с лучшими традициями русской научной мысли способствовал возникновению передовой советской школы ученых и специалистов.

В развитие теории взрывчатых веществ советские ученые внесли существенный вклад и своими работами значительно способствовали повышению этого раздела науки. Ученые Я. Б. Зельдович, Л. Д. Ландау, К. П. Станюкович существенно дополнили и развили гидродинамическую теорию детонации газовых и конденсированных взрывчатых систем. Академиком Н. Н. Семеновым и его сотрудниками была изучена кинетика термического распада взрывчатых веществ и кинетика взрывных реакций. Большую роль в развитии теории взрывчатых веществ сыграли ученые Ю. Б. Харитон, М. А. Садовский, М. А. Лаврентьев, Г. И. Покровский и др.

Для решения вопроса о рациональном применении порохов существенно важными являются работы в области изучения процессов горения порохов и взрывчатых веществ А. Ф. Беляева, Я. Б. Зельдовича, К. К. Андреева, М. Е. Серебрякова и др.

Значительный вклад внесен также советскими учеными в области исследования действия взрыва.

В последние годы для экспериментальных исследований в области взрывчатых веществ и порохов внедрен ряд новых современных методов, позволяющих изучить такие тонкие детали и стадии процессов взрыва и горения, которые раньше оставались почти недоступными для нашего познания.

Годы Великой Отечественной войны были генеральным испытанием для всей Советской страны. Вся страна, ее хозяйство и оборонная промышленность выдержали это испытание с честью.

В течение всей Великой Отечественной войны Советская Армия не испытывала недостатка в боеприпасах.

В ходе войны были достигнуты успехи в области повышения производительности и дальнейшего совершенствования технологических процессов получения взрывчатых веществ, порохов, пиротехнических средств и снаряжения боеприпасов.

1. ПОРОХА И ТВЕРДЫЕ РАКЕТНЫЕ ТОПЛИВА

Пороха - это группа взрывчатых веществ, применяющихся в артиллерии, главным образом, в качестве источников энергии движения снарядов, пуль, мин, реактивных снарядов. Кроме того, некоторые виды порохов используются в артиллерийских боеприпасах в качестве воспламенителей, средств передачи огня, замедлителей, дистанционных составов, вышибных зарядов и т. д.

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ПОРОХОВ И РАКЕТНЫХ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ

1.1.1. Выстрел и явления, его сопровождающие

Выстрел – это сложный процесс выбрасывания снаряда (мины, гранаты, пули) из канала ствола артиллерийского орудия, миномета, гранатомета, стрелкового оружия за счет энергии газов, образующихся при горении метательного заряда.

Выстрел включает в себя: воспламенение пороха; горение пороха, сопровождающееся выделением тепла и образованием пороховых газов; расширение пороховых газов; движение за снарядом пороховых газов и недогоревших элементов метательного заряда; теплоотдачу от пороховых газов к стенкам ствола; образование дульной волны, дульного пламени и дымового облака.

Процесс выстрела характеризуется кратковременностью (тысячными или сотыми долями секунды), развитием высоких температур (до 3800 К) и давлением пороховых газов до 400... 500 МПа. Процессы в канале ствола при выстреле изучает внутренняя баллистика. На выполнение главной работы — сообщение снаряду поступательного движения — затрачивается 25...35% энергии метательного заряда, остальная же часть ее идет на второстепенные работы (откат подвижных частей, динамическое уравновешивание отдачи в безоткатных орудиях и гранатометах, обеспечение работы автоматики в автоматическом оружии и др.) или теряется.

Выстрел сопровождают явления, которые могут отрицательно воздействовать на узлы и детали артиллерийского вооружения и оказывать существенное влияние на боевую работу. Рассмотрим их содержание и способы уменьшения их влияния.

Разгарно – эрозионное действие пороховых газов: В процессе проведения боевых стрельб из артиллерийского орудия происходит изменение баллистических свойств ствола - в результате уменьшается дальность стрельбы и увеличивается рассеивание снарядов.

Изменение баллистических данных ствола происходит вследствие изменения внутренних размеров и формы канала ствола - увеличения объема зарядной каморы, изменения длины пути снаряда по каналу ствола

и поперечного сечения канала ствола. Изменение геометрии канала ствола и состояние его поверхности называют износом ствола.

Основными причинами износа являются:

— тепловое воздействие пороховых газов. Оно приводит к оплавлению поверхностного слоя канала ствола, что ухудшает его механические свойства. Периодическое быстрое нагревание и охлаждение вызывает термическое расширение и сжатие в поверхностном слое. Как следствие этого, на поверхности канала ствола образуется и развивается сетка мелких трещин.

— механическое воздействие ведущего пояска снаряда на нарезы канала ствола, которое приводит к изменению размеров и профиля нарезов.

— механическое воздействие газовой струи или эрозия. Большое давление пороховых газов и их высокая температура обуславливают интенсивный разгар канала ствола.

— химическое воздействие пороховых газов. Обогащение поверхностного слоя канала ствола углеродом (цементация) или же, наоборот, выгорание углерода. В результате нагрева и охлаждения происходит закалка поверхностного слоя канала ствола, уменьшение пластичности и повышение хрупкости. Это способствует появлению трещин при растяжении ствола при выстреле.

Разгарно-эрозионное действие пороховых газов в каждом конкретном случае определяется природой пороха, температурой его горения, величиной массы метательного заряда, а также конструкцией орудия и боеприпасов.

Пламенность выстрела из орудий обусловлена свечением высоконагретых газов, водяных паров и конденсированных частиц. Интенсивность излучательной способности пламени может возрастать за счет догорания не полностью окисленных продуктов горения пороха (CO, H_2, CH_4) при смешении с воздухом.

Пламя, образующееся вблизи дульного среза ствола при истечении пороховых газов из канала ствола в атмосферу, называется *дульным пламенем*. Вероятность и интенсивность образования пламени при выстреле зависит от конструкции орудия, состава продуктов горения метательного заряда, параметров окружающего воздуха (температуры, влажности, направления ветра). Наличие оптимального содержания водяных паров в окружающем воздухе способствует образованию дульного пламени.

Дульное пламя при выстреле демаскирует огневые позиции стреляющих батарей, а обратное пламя может вызвать пожары и ожоги боевого расчета в башне танка или самоходного артиллерийского орудия.

С целью уменьшения пламенности при выстреле для метательных зарядов используют беспламенные пороха или вводят в состав заряда различные пламегасители.

Дымность выстрела проявляется в образовании облака дыма перед дульным срезом орудия. Дымовое облако демаскирует стреляющее орудие и создает большие помехи при стрельбе прямой наводкой.

Истекающие из канала ствола пороховые газы образуют ударную волну, являющуюся источником звука и пылеобразования.

Большое влияние на образование пыле – дымового облака оказывают температура и влажность окружающего воздуха, а также состав грунта. В этом случае образуется аэрозольное облако больших размеров и оптической плотности, дисперсная фаза такой дисперсной системы состоит из твердых частиц, образующихся при сгорании метательного заряда, частичек пыли, капелек воды и частиц, покрытых жидкостью.

Снижения пыле – дымовых помех при стрельбе орудий добиваются за счет: применения малодымных порохов, введения в состав метательного заряда веществ, уменьшающих количество водяных паров в продуктах горения; изменения конструкции ствола орудий; учета состава и свойств грунта при выборе огневых позиций артиллерийских батарей.

Волновое нарастание давления в зарядной каморе в момент выстрела проявляется при малых плотностях заряжания. В случае относительно большого свободного объема каморы (между метательным зарядом и дном снаряда) при воспламенении пороха в локальном объеме образуется область повышенного давления. Волна уплотненных газов, перемещаясь по длине зарядной каморы, ударившись о поверхность дна снаряда, возвращается в направлении затвора. Давление во фронте отраженной волны уплотненных газов увеличивается примерно в два раза. Отраженная от поверхности затвора ударная волна уплотненных газов возвращается к донной части снаряда. Количество таких циклов может быть несколько. Волновое нарастание давления может вызвать серьезные повреждения канала ствола орудия, вплоть до отрыва казенника ствола орудия

Для исключения волнового нарастания давления необходимо обеспечивать надежное крепление (фиксирование) пучков и пакета метательного заряда, создавать условия для быстрого и одновременного воспламенения пороховых элементов.

Таким образом, явлениями, сопровождающими выстрел можно управлять, применяя пороха с различными характеристиками, изменяя его компонентный состав.

1.1.2. Сущность процесса горения порохов

Основным видом взрывчатого превращения порохов является в обычных условиях применения горение, не переходящее в детонацию.

Горение порохов представляет собой сложный самопроизвольно протекающий физико-химический процесс превращения пороха в преимущественно газообразные продукты горения (CO_2, CO, H_2O, H_2, N_2 и др.), сопровождающийся выделением определенного количества тепла.

Пороха сравнительно легко воспламеняются и при достаточной плотности горят в орудии закономерно параллельными слоями (т.е. горение всех пороховых элементов происходит по всей поверхности с одинаковой скоростью), что позволяет в широких пределах регулировать выделение газов при их горении и тем самым управлять явлением выстрела.

Горение порохов характеризуется тремя основными факторами: скоростью процесса, тепловыделением и образованием газообразных продуктов.

Горение порохов, существенно не отличаясь от взрывчатого превращения по количеству выделяющегося тепла и объему газообразных продуктов, в очень сильной степени отличается по скорости процесса. Горение порохов имеет скорость, равную нескольким десяткам миллиметров в секунду, в то время как взрыв протекает со скоростью, достигающей нескольких тысяч метров в секунду. Скорость протекания взрывных процессов практически не зависит от давления и температуры, в то время как скорость процесса горения существенно зависит от этих факторов. При изменении температуры и давления в некоторых пределах может изменяться состав продуктов и теплота горения пороха.

Горение нитроцеллюлозных порохов и БРТТ протекает в три основные стадии. Пространственно указанные стадии реализуются в пяти характерных зонах (рис. 1.2).

Первая стадия включает в себя физические и химические превращения вещества, происходящие в поверхностном слое пороха. На этой стадии (в 1 зоне) вначале происходит прогрев вещества до величины T_p, при которой начинаются физико-химические превращения отдельных компонентов пороха. Химические реакции и тепловыделение в этой зоне отсутствуют. Затем (во 2-й зоне) происходят как физические (плавление, испарение, возгонка, диспергирование твердого вещества), так и химические (термическое разложение, внутримолекулярное окисление) превращения компонентов пороха. Эта зона характеризуется наличием на поверхности наряду с твердой структурой вязко-жидкого слоя.

Вторая стадия (зона 3) - процессы дальнейшего превращения вещества, протекающие в сложной дымо-паро-газовой области. На этой стадии происходит дальнейшее физико-химическое превращение первичных продуктов разложения и к концу зоны достигается их полная газификация. При этом выделяется около 15% от всего тепла, выделяемого при сгорании пороха, а температура T_1 достигает 1000—1300 К.

Третья стадия (зоны 4 и 5) - процессы, завершающиеся превращением промежуточных продуктов реакции в конечные продукты. На этой стадии вначале происходят окислительно-восстановительные процессы с образованием в основном продуктов неполного горения (CO, H_2). При этом выделяется примерно 25—30% тепла от общего количества (температура T_2 достигает 1400-1500 К). В дальнейшем протекают главным образом бимолекулярные реакции, которые приводят к образованию конечных продуктов горения и выделению наибольшего количества тепла (40—50%) и максимальной температуры (2400-3000 К).

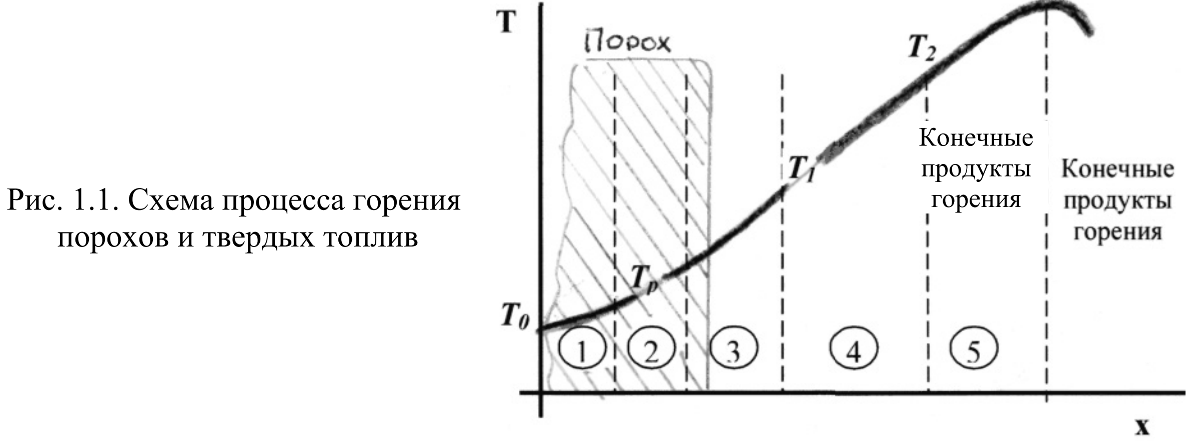


Рис. 1.1. Схема процесса горения порохов и твердых топлив

Все три стадии процесса горения оказывают влияние на скорость горения пороха.

Пороха коллоидного типа обычно горят закономерно параллельными слоями, в то время как при горении порохов - механических смесей такая закономерность существует не всегда, и лишь при больших плотностях пороховых зерен они горят более или менее закономерно. Поэтому эти группы порохов применяются в разных областях. Пороха - механические смеси в настоящее время почти не применяются для метательных целей, а используются для изготовления воспламенителей к зарядам из коллоидных порохов, для дистанционных составов в трубках и взрывателях, для вышибных зарядов, в различных пиротехнических средствах, для изготовления усилителей, замедлителей, петард и т. д. Пороха коллоидного типа, как правило, используются только для метательных целей.

1.1.3. Энергетические и баллистические характеристики порохов и ракетных твердых топлив

Основными энергетическими и баллистическими характеристиками порохов (РТТ) являются: скорость горения, теплота горения, удельный объем газов, температура горения, «сила пороха», удельный импульс тяги (для РТТ).

Скорость горения различают линейную и массовую. Линейной скоростью горения называют скорость перемещения горящей поверхности

вглубь пороховых элементов по нормали и поверхности пороха. Обозначается *u* и измеряется обычно в мм/с. Массовая скорость горения пороха характеризуется количеством пороха, сгорающего в единицу времени с единицы площади горящей поверхности. Массовая скорость горения связана с линейной скоростью следующим уравнением: $u_m = u \cdot \rho$, где u_m - массовая скорость горения пороха, г/см^2·с, где *u* — линейная скорость горения пороха, см/с, ρ — плотность пороха, г/см^3 .

Скорость горения является важнейшей баллистической характеристикой порохов и РТТ, так как ее величина в значительной степени определяет баллистические характеристики зарядов.

Установлено, что скорость горения зависит от очень большого числа факторов, основными из которых являются: природа и состав пороха, давление газов среды, в которой происходит горение, и начальная температура пороха.

С увеличением давления скорость горения порохов и РТТ увеличивается, что связано с сокращением ширины зон горения в газовой фазе и увеличением температур по ширине зон.

С повышением начальной температуры скорость горения порохов и РТТ увеличивается. Повышение температуры на один градус увеличивает скорость горения пороха Н (при сжигании на воздухе) на 1,3%. Сравнительно высокая температурная чувствительность скорости горения является весьма существенным недостатком порохов. Она обусловливает зависимость баллистических характеристик готовых зарядов от их начальной температуры. При достаточно большом диапазоне температур эксплуатации (от – 50 до + 50°С) это усложняет условия боевого применения зарядов (необходимо вводить поправки на температуру заряда), а в отдельных случаях и конструкцию РДТТ.

При строго определенных значениях начальной температуры и давления величина скорости горения определяется в основном природой и составом пороха.

Теплотой горения (Q_w) называют количество тепла, выделяемое при сгорании 1 кг пороха в вакууме или в среде инертного газа (т.е. при сгорании за счет кислорода, содержащегося в порохе) и при условии охлаждения продуктов горения до 18-20°С.

Величина теплоты горения зависит от природы пороха и его состава. Она может быть рассчитана теоретически и определена экспериментально. Величина теплоты горения различных порохов колеблется в пределах *3000-5000 кДж/кг*.

Удельным объемом газов (*Wi*) называется объем газообразных и парообразных продуктов горения, образующихся при сгорании 1 кг пороха (в вакууме или в инертной среде), приведенный к нормальным условиям (Т=273 К, *p*=101325 Па). Удельный объем газов является важной характеристикой порохов, определяющей величину давления пороховых

газов в канале ствола и в РДТТ, «силу пороха» и метательное действие заряда. Рассчитывается по формулам и определяется экспериментально.

Экспериментальное определение удельного объема газов основано на измерении объема газообразных и парообразных продуктов горения, образующихся при сгорании определенного количества пороха с последующим приведением полученного объема к нормальным условиям, а также пересчетом объема газов на 1 кг пороха.

Для большинства порохов значение удельного объема газов находится в пределах 800-1000 л/кг.

Температурой горения (T_1) пороха называют максимальную температуру, которую имеют пороховые газы в момент образования.

Температура горения определяет работоспособность пороховых газов. Чем выше температура газов, тем больше энергией они обладают и тем большую работу при расширении они могут произвести.

Величина температуры горения порохов зависит от состава пороха и состава продуктов горения. Рассчитывается приближенно по эмпирическим формулам.

Следует иметь в виду, что величина энергетических характеристик орудийных порохов ограничивается сверху температурой горения, которая не должна превышать приблизительно 3000 К. Это связано с тем, что с повышением температуры возрастает разгар ствола. Температура горения порохов и РТТ находится в пределах 2000-3500 К.

«Сила пороха» (f) по своему физическому смыслу представляет собой работу, которую произвели бы газообразные продукты горения пороха в количестве 1 кг, расширяясь изобарно (при атмосферном давлении) при нагревании их от *0* до температуры горения T_1. Сила пороха по формуле и определяется экспериментально. Экспериментально «сила» пороха определяется путем сжигания пороха в манометрической бомбе. Значение «силы пороха» для большинства порохов находится в пределах 300000 - 1200000 Дж/кг.

Удельным импульсом тяги РДТТ ($I_{уд}$) называют величину, пропорциональную тяге РДТТ (P_T) и массовому расходу продуктов горения (m) следующее выражение ($I_{уд} = P_T / m$). При заданных величинах давления продуктов горения в камере двигателя и на срезе сопла удельный импульс тяги является характеристикой РТТ и поэтому используется для сравнительной оценки различных РТТ. Находится экспериментально путем планиметрирования кривой тяги. Величина удельного импульса тяги (ДРТТ) твердых топлив различных составов колеблется в пределах от 2000 до 2450 Н·с/кг.

1.1.4. Классификация порохов и твердых ракетных топлив

Порохами называются многокомпонентные твердые системы, способные к закономерному горению параллельными слоями без доступа

кислорода извне с выделением значительного количества энергии и газообразных продуктов.

Пороха, применяемые в ракетных двигателях, называются обычно твердыми ракетными топливами (или ракетными твердыми топливами).

Пороха можно классифицировать по различным признакам. Наиболее распространенной является классификация по областям боевого применения, физико-химической природе компонентов и по форме пороховых элементов. Классификации порохов и твердых ракетных топлив показана на рис. 1.2.

Пороха применяются в боеприпасах к пистолетам, карабинам, винтовкам, автоматам, пулеметам (пороха к стрелковому оружию); к пушкам и гаубицам (орудийные пороха); к минометам и безоткатным орудиям (минометные пороха).

Ракетные твердые топлива используются к ракетным двигателям, а пиротехнические составы - в пиротехнических средствах.

По форме пороховых элементов различают зернённые пороха (к стрелковому оружию и артиллерийским орудиям); трубчатые (к артиллерийским орудиям); пороха в виде пластин, лент и спиралей (к минометам); сферические пороха (к стрелковому оружию), а также пороха в виде шашек разной формы и размеров (заряды ракетного твердого топлива).

Физико-химическая природа компонентов пороха непосредственно влияет на характер их горения. С этой точки зрения различают пороха - механические смеси и нитроцеллюлозные пороха (или пороха коллоидного типа).

Пороха - механические смеси в зависимости от состава, главным образом от вида минерального (неорганического) окислителя, разделяют на следующие подгруппы:

— дымные пороха (ДП) представляют собой механическую смесь калиевой селитры, серы и угля.

— смесевые ракетные твердые топлива (СРТТ), представляют собой полимерные композиционные материалы на основе смеси минерального окислителя, органического горючего, связующего вещества, металлического горючего и катализаторов горения.

— пиротехнические составы - смеси компонентов, выделяющих при горении световую, тепловую и звуковую энергию.

Основой всех нитроцеллюлозных порохов являются нитраты целлюлозы. Основанием для условного разделения таких порохов на различные виды являются свойства (вернее летучесть) растворителя, примененного для перевода нитратов целлюлозы в пластифицированное желатиноподобное состояние.

По этой характеристике растворителя все коллоидные пороха делятся: на пороха на летучем растворителе, порога на труднолетучем

растворителе, пороха на смешанном растворителе и пороха на нелетучем растворителе. Кроме того, существуют пороха без растворителя и пороха эмульсионного приготовления.



Рис. 1.2. Общая классификация порохов и твердых ракетных топлив

Пороха на летучем растворителе обычно называют пироксилиновыми порохами, пороха на труднолетучем растворителе получили название баллиститных. Кордитные пороха готовятся на смеси летучего и труднолетучего растворителя. Сферические (эмульсионные) пороха изготавливаются эмульсионным методом с использованием летучего растворителя – этилацетата. Вискозные пороха получают без применения растворителя. По своему составу они очень близки к пироксилиновым порохам и представляют собой пронитрованную, стабилизированную, предварительно уплотненную целлюлозу (например, пергамент и т. п.).

По форме пороховых элементов различают зерненные, трубчатые, сферические пороха, пороха в виде пластин, лент и спиралей, а также заряды РТТ в виде шашек. Зернёные пороха применяются в боеприпасах к стрелковому оружию и артиллерийским орудиям. По конструкции они

могут быть одноканальные, многоканальные и безканальные. Трубчатые (одноканальные и многоканальные) пороха используются только в артиллерийских боеприпасах, а сферические – в боеприпасах к стрелковому оружию. Пороха в виде пластин, лент и спиралей применяются в минометных выстрелах.

При производстве и использовании порохов и твердых топлив к ним предъявляются производственно-экономические, эксплуатационные и баллистические требования.

Производственно-экономические требования вытекают из условий обеспечения успешного решения боевых задач при малом расходе материальных ресурсов. В соответствии с этим пороха должны обладать широкой отечественной сырьевой базой; простотой и безопасностью технологического процесса производства; возможностью организации механизации и автоматизации производственного процесса; невысокой себестоимостью при массовом производстве.

К группе эксплуатационных требований относятся: высокая физическая и химическая стабильность, допускающая их длительное хранение в различных климатических условиях; высокая механическая прочность (особенно ракетных зарядов); химическая инертность по отношению к другим элементам артиллерийского выстрела. Порох и его продукты не должны быть токсичными, а при выстреле должно быть исключено образование дымового облака или большого пламени.

Баллистические требования вытекают из общих задач, решаемых при выстреле из артиллерийского орудия. Пороха должны обладать: высокой энергоёмкостью (работоспособностью), позволяющей обеспечить доставку полезного груза на наибольшую дальность; способностью устойчиво и закономерно гореть; однообразием физико-химических и баллистических качеств. Пороха должны надежно воспламеняться от простых начальных импульсов имея низкую чувствительность к механическим воздействиям, возникающим при эксплуатации.

1.2. ПОРОХА - МЕХАНИЧЕСКИЕ СМЕСИ

Пороха — механические смеси состоят из твердых частиц окислителей и горючих или частиц окислителя, помещенных в массу горючего. Компоненты этих порохов обычно не находятся в химической связи между собой, а их частицы лишь тесно соприкасаются друг с другом в результате тщательного смешения и уплотнения. Иначе говоря, пороха - механические смеси представляют собой гетерогенный системы с ярко выраженными границами раздела между частицами отдельных компонентов.

Доля окислителя в массе смеси составляет до 80%. Поэтому свойства окислителя оказывают большее влияние на энергетические,

эксплуатационные и технологические характеристики состава, чем свойства горючего.

Горючие и окислители являются основными компонентами порохов — механических смесей.

В качестве окислителей применяются следующие вещества

— соли: нитраты (калия KNO_3; натрия $NaNO_3$; лития $Li\ NO_3$; аммония NH_4NO_3); перхлораты (калия $KClO_4$, лития $LiClO_4$, аммония NH_4ClO_4).

— перекиси (перекись бария - BaO_2).

— окислы: железа (Fe_3O_4; Fe_2O_3); марганца (MnO_2) и свинца (Pb_3O_4; PbO_2).

Перечисленные соли, перекиси и окислы являются кристаллическими веществами. Эти вещества стойки и разлагаются лишь при нагревании. Состоят наполовину из окислительных элементов (кислорода, хлора и др.)

Окислители должны отвечать следующим требованиям:

- максимальное содержание активного кислорода;
- достаточная физико-химическая сохраняемость (нелетучесть, негигроскопичность, химическая стойкость);
- хорошая совместимость и отсутствие химического взаимодействия с различными горючими и связующими;
- малая молекулярная масса продуктов горения; минимальная чувствительность к механическим воздействиям;
- не дефицитность и отсутствие токсического действия на человеческий организм.

При изготовлении изделий из порохов — механических смесей необходимо первоначально получить массу, обладающую достаточной эластичностью и пластичностью. Эти требования определяют выбор горючих веществ, которые могли бы связать, склеить и превратить все компоненты в плотную массу. Кроме того, горючие должны обладать и высокими адгезионными свойствами, обеспечивающими прочное прилипание к кристаллам окислителя. Горючие, при окислении должны выделять большое количество тепла и образовывать газообразные продукты с меньшей молекулярной массой.

В качестве горючих применяются следующие вещества:

— неорганические вещества: металлы (алюминий *Al*, магний *Mg*, стронций *Zr*, титан *Ti*, железо *Fe*); сплавы металлов (*Al +Mg*, *Mg+Si*, *Al+Si);* неметаллы (*фосфор P, углерод C, сера S)*; соединения (сульфиды P_4S_3, антимоний Sb_2S_3, пирит FeS_2).

— органические вещества: индивидуальные углеводороды (нафталин и др.); углеводы (крахмал, древесные опилки); высокомолекулярные соединения (полиэтилен, каучук, битум, смолы); смеси углеводородов (бензин, керосин, мазут); вещества других классов (уротропин, стеариновая кислота).

Горючие должны отвечать следующим требованиям: высокая теплота сгорания, обеспечивающая получение максимального теплового эффекта; хорошие связующие качества при малом содержании горючего и связующего; легкое окисление за счет кислорода окислителя; физическая и химическая сохраняемость в диапазоне температур ± 60°С; негигроскопичность и легкость измельчения; нахождение в жидком состоянии при производстве смеси и отверждение при невысоких температурах; нетоксичность при воздействии на человеческий организм; доступность и недефицитность материалов.

Итак, необходимость создания высокоэффективных составов явилась причиной разработки и изучения свойств порохов - механических смесей и их практического применения в различных образцах боеприпасов.

В настоящее время находит практическое применение большое количество порохов – механических смесей к которым относятся дымные пороха, смесевые ракетные твердые топлива, пиротехнические составы, разнообразные по природе и составу компонентов (рис. 1.3).

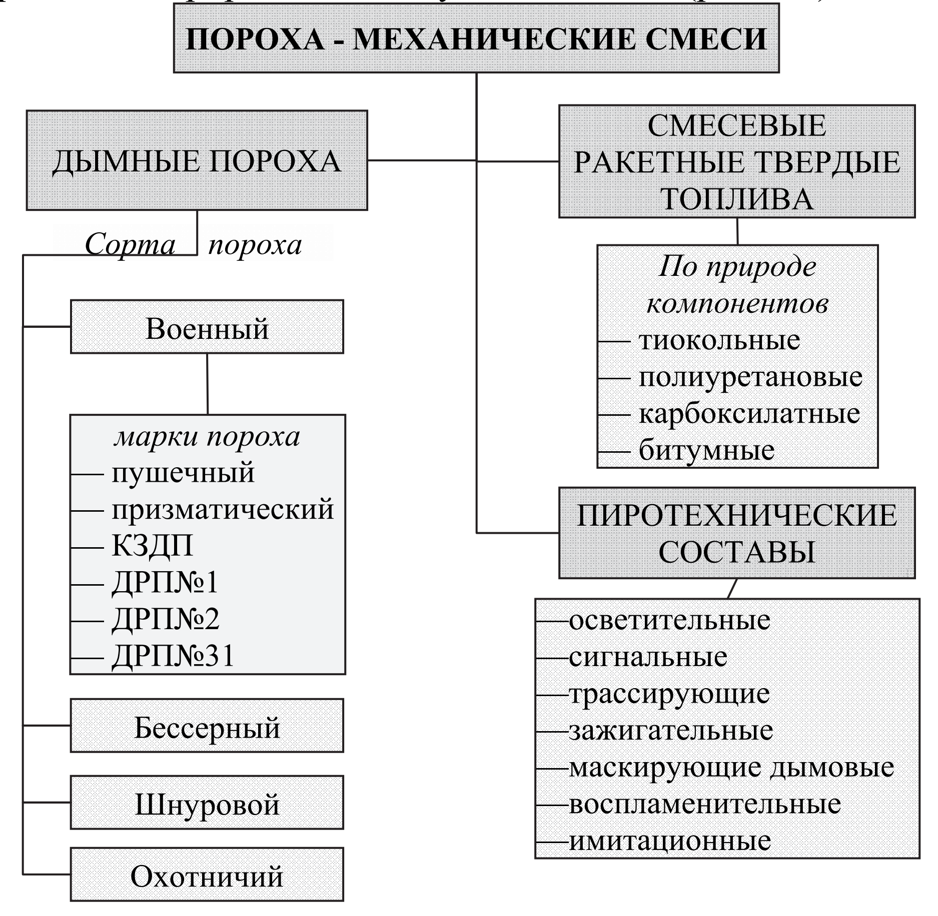


Рис. 1.3. Схема классификации порохов - механических смесей

1.2.1. Состав и свойства дымного пороха

Современные дымные пороха изготовляются в виде зёрен неправильной формы. В зависимости от состава компонентов различают четыре сорта дымного пороха: военный, охотничий, бессерный (с

размером зерен 0,75…1,25 мм) и шнуровой порох, в 1 грамме которого содержится от 400 до 7000 зерен.

В зависимости от размера зерен (частиц) различают следующие марки военного дымного пороха): пушечный призматический (размер зерен 25,0-40,0 мм); пушечный (7,0-21,0 мм); крупнозернистый дымный ружейный порох (КЗДП - 5,1…10,2 мм); дымный ружейный порох (ДРП№1 - 1,25…2,0 мм); дымный ружейный порох (ДРП№2 - 0,75…1,25 мм) и дымный ружейный порох (ДРП№3 - 0,15…0,75 мм).

Составы дымного пороха установлены окончательно в конце XVII века и не претерпели существенных изменений до настоящего времени.

Дымный порох включает в себя (табл. 1.1) следующие вещества в различных соотношениях: окислитель – калиевую селитру; горючее – древесный уголь и цементатор – серу.

Отдельные компоненты в составе дымных порохов имеют следующее назначение.

Таблица 1.1

Компонентный состав дымного пороха

Сорт пороха	Содержание компонентов, %		
	Калиевая селитра, KNO_3	Древесный уголь	Сера, S
Военный	75,0	15,0	10,0
Охотничий	74,0-78,0	14,0-16,0	8,0-10,0
Шнуровой	78	12,0	10,0
Бессерный	80	20,0	-

Селитра (калиевая селитра KNO_3) является окислителем и при нагревании легко отдает кислород. Выделяющийся кислород окисляет серу и уголь.

С увеличением содержания селитры в порохе до определенного предела (~80%) сила пороха возрастает и увеличивается скорость его горения. В природе много веществ, богатых кислородом, но для целей пороходелия находит применение почти исключительно калиевая селитра, так как она в наибольшей степени удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к окислителям в составе пороха (имеет малую гигроскопичность и невысокую чувствительность).

Уголь является горючим веществом. Для пороходелия употребляется древесный уголь (преимущественно ольховый или крушинный) с содержанием 72—80% углерода. Уголь из смолистых пород деревьев применять нежелательно, так как пороха, приготовленные с использованием такого угля, трудно воспламеняются. При увеличении количества угля в порохе скорость горения пороха снижается, но с увеличением содержания углерода в угле — увеличивается.

Сера (*S*) служит цементатором между селитрой и углем, придавая пороху определенную механическую прочность. Кроме того, сера является горючим компонентом и облегчает воспламенение пороха, так как воспламеняется при более низкой температуре, чем уголь (температура воспламенения серы ниже, чем у древесного угля). От увеличения содержания серы в порохе сила пороха и скорость горения уменьшаются. Сера встречается в кристаллической и аморфной формах. В пороходелии применяется сера только кристаллической формы с температурой плавления 114,5°.

Дымный порох является малогигроскопичным веществом, что определяется свойствами компонентов: древесный уголь плохо смачивается (гигрофобное вещество), а калиевая селитра и сера имеют малую гигроскопичность.

Дымный порох обладает высокой химической стойкостью, т.е. характеризуется высокой сохраняемостью при нормальных условиях эксплуатации.

Цвет дымных порохов (рис. 1.4) бывает от сине-черного до серо-черного с металлическим блеском. Интенсивно черный цвет указывает на присутствие в порохе большого количества влаги.

Хороший порох сравнительно трудно раздавливается между пальцами, не пачкает рук и при высыпании его на бумагу даже с высоты 1 м совершенно не оставляет пыли. Насыпанный на лист бумаги порох при зажжении должен быстро вспыхнуть и образовать вертикальный столб дыма, при этом бумага не должна загораться и на ней не должно оставаться следов копоти (обугливания).

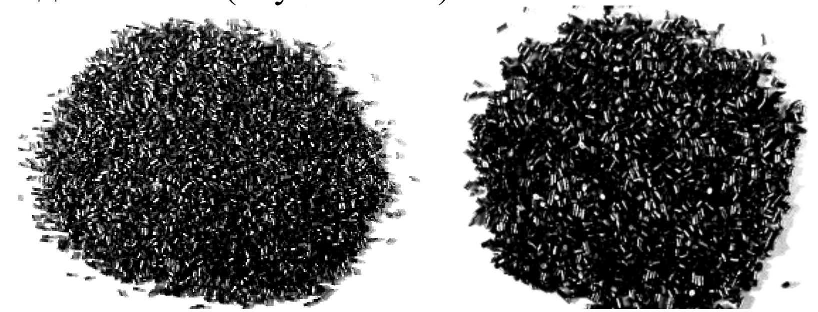


Рис. 1.4. Дымный ружейный порох (внешний вид)

Дымный порох легко воспламеняется под действием пламени и искры. Температура вспышки его около 300°. Удар молнии всегда вызывает взрыв. Небольшие количества пороха только вспыхивают при зажжении, а большие взрываются.

Увеличение количества влаги оказывает значительное влияние на воспламеняемость пороха. При содержании влаги свыше 2% порох трудно воспламеняется, а при 15% влаги он совсем теряет способность к воспламенению.

Скорость горения пороха зависит от состава пороха, внешнего давления и от плотности пороховых элементов.

Скорость горения дымных порохов, запрессованных в дистанционные кольца, при сжигании на воздухе 8—10 мм/с.

При определенной плотности порох имеет свойство гореть параллельными слоями. Этим свойством широко используются при изготовлении всякого рода замедлителей.

Дымный порох чувствителен к удару и трению. По чувствительности к удару он превосходит некоторые бризантные ВВ.

При простреле пулей воспламеняется. Удар пули при скорости более 500 м/с вызывает почти всегда взрыв пороха. При трении между поверхностями железа или камня дымный порох вспыхивает или взрывает. Большое количество пороха при зажигании, как правило, взрывается. Особенно легко взрывается пороховая пыль.

Дымный порох имеет невысокие по сравнению с другими видами порохов энергетические и баллистические характеристики (табл. 1.2).

Скорость горения дымного пороха в сильной степени зависит от плотности зерен (изделий из пороха) и давления окружающей среды. Плотность изменяется в пределах от 1600 до 1900 кг/м^3. при давлении окружающей среды до 10 МПа и плотности равной и более 1700 кг/м^3 порох сгорает параллельными слоями.

Величины теплоты горения (Q_w) и температуры горения (T_1) находятся в нижнем пределе значений.

Малый объем газообразных продуктов, образующихся при сгорании дымного пороха определяет низкое значение удельного объема газ*ов* (*Wi*) и «силы пороха» (*f*). При сгорании дымного пороха в газы превращается всего около 43,6% общего весового количества пороха.

Таблица 1.2

Энергетические и баллистические характеристики порохов

Наименование порохов и твердых ракетных топлив	Теплота горения, кДж/кг	Удельный объем газов, л/кг	Температура горения, К	Сила пороха, Дж/кг
Дымный	2780	280	2600	280-300
Пироксилиновые для стрелкового оружия	3680-2770	910-920	2800-2900	960-1000
Пироксилиновые орудийные (обыкновенные)	3150-3550	920-970	2700-2850	970
Баллиститные орудийные (кроме минометных)	3000-3400	1000-1050	2300-2600	900-960
Баллиститный минометный	4800-5000	850	3400-3500	1090
Баллиститные ракетные твердые топлива	3000-5000	830	2900-3000	-

Наличие невысоких энергетических и баллистических характеристик исключает возможность использования дымного пороха для метательных зарядов артиллерийских систем.

Однако дымный порох широко применяется на практике:

— в воспламенителях основных зарядов в ствольной артиллерии и ракетных системах (КЗДП, ДРП№1, ДРП№2, ДРП№3, бессерный);

— в замедлителях и усилителях огня в дистанционных устройствах снарядов (трубках и взрывателях) для обеспечения разрыва снарядов в любой точке траектории (ДРП№1,2,3);

— в вышибных зарядах для снарядов шрапнельного типа, зажигательных и осветительных снарядах;

— в огнепроводных шнурах (шнуровой порох);

— в охотничьих ружьях (охотничий);

— в горном деле (при добыче декоративного камня, например, мрамора и гранита, которые нужно откалывать глыбами, а не дробить на мелкие куски, то есть без бризантного эффекта) и в других областях.

Все изделия из дымного пороха можно разделить на две группы. К первой группе относятся фигурные пороха – пороха кубической и призматической формы (рис. 1.5а), воспламенители (рис. 1.5б), петарды для капсюльных втулок и некоторые другие (КЗДП, ДРП №1). Эта пороховые элементы изготавливаются отдельно от деталей элементов выстрела, в которые они затем вставляются. Ко второй группе относятся пороховые детали взрывателей - пороховые замедлители, предохранители и усилители (рис. 1.5в). Эти изделия чаще всего впрессовывают в соответствующую деталь трубки или взрывателя (ДРП №2, ДРП №3).



а	б	в	г
Пороховой элемент: размеры в мм	8 – воспламенитель заряда артиллерийского выстрела	Артиллерийский взрыватель: 31 – пороховая запрессовка	Огнепроводный шнур: 2 – шнуровой порох

Рис. 1.5. Изделия из дымного пороха

Отдельно выделяется *огнепроводный шнур* (рис. 1.5г), который представляет собой слабоспрессованную сердцевину из шнурового пороха, плотно охваченную снаружи хлопчатобумажной пряжей. Внутри

пороховой сердцевины для равномерного распределения пороха по всей длине шнура пропущена направляющая хлопчатобумажная нить.

Дымный порох можно использовать (и длительное время использовали) в качестве ракетных зарядов. Однако, его недостаточные энергетические характеристики, ограниченность возможных конструктивных форм зарядов и их габаритов, а также хрупкость, опасность производства и применения - всё это тормозило развитие ракетной техники на основе дымного пороха. После появления бездымных порохов и вовсе эта проблема потеряла свою актуальность.

1.2.2. Смесевые ракетные твердые топлива (СРТТ)

Твердые ракетные топлива на основе неорганических окислителей принято называть смесевыми ракетными твердыми топливами (СРТТ). Они представляют собой многокомпонентные (гетерогенные) системы, состоящие из минеральных окислителей, органических горюче-связующих веществ и специальных добавок.

СРТТ могут применяться в качестве источника энергии в ракетных двигателях на твердом топливе (РДТТ). В зависимости от природы компонентов СРТТ подразделяются на битумные, полиуретановые, тиокольные и др.

Несмотря на небольшой срок, прошедший с начала разработки и применения СРТТ, этот класс ракетных топлив уже насчитывает десятки и сотни видов, отличающихся между собой по составу, природе компонентов и другим характеристикам.

Основными компонентами СРТТ являются: окислитель – 60 ... 80%; органическое горюче-связующее вещество – 15 ... 25%; металлическое горючее – 5... 16%; катализаторы горения и другие добавки – до 5%.

Компонентный состав отдельных рецептур смесевых ракетных топлив представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Компонентный состав смесевых ракетных топлив

Компоненты	Разновидности топлива и содержание компонентов, %			
	полиуретановые		тиокольные	
	ПЭУ	ПАЛ	ТФ	ТФА
Перхлорат аммония	70,0	70,0	70,0	68,0
Горюче-связующие				
Полиэфирная смола	19,0	22,7		
Тиокол	-	-	20,0	26,5
Алюминий	7,0	7,0		5,0
Перекись марганца			2,0	
Окись магния			2,0	
Технологическая добавка	4,0	0,3	6	
Сажа сверх 100%	-	0,5	0,5	0,5

По сочетанию физико – химических и энергетических характеристик лучшим из минеральных окислителей является перхлорат аммония (NH_4CI_4)., на основе которого в настоящее время готовятся все СРТТ. Он представляет собой белый кристаллический порошок с плотностью 1950 кг/м, умеренно гигроскопичный (при относительной влажности равной и более 80% не увлажняется), хорошо совмещается со связующими веществами, химически стоек, разлагается с образованием только газообразных продуктов. Содержит 34% активного кислорода.

Из других окислителей могли бы применяться перхлораты калия и лития ($KCIO_4$; $LiCIO_4$) и нитрат аммония *(аммонийная, аммиачная селитра* NH_4NO_3). Однако они не удовлетворяют основным требованиям и почти не применяются.

Горюче-связующие вещества (ГСВ) в составе СРТТ выполняют две основные функции. Во-первых они обеспечивают необходимую механическую прочность зарядов, их физическую устойчивость при длительном хранении. Во-вторых они являются поставщиками горючих элементов, которые, взаимодействуя с продуктами распада окислителя (окисляясь), обеспечивают выделение большое количества тепла с образованием газообразных продуктов.

Наиболее полно удовлетворяют требованиям, предъявляемым к горюче-связующим веществам, высокомолекулярные соединения – каучуки, полиэфирные (синтетические) смолы и некоторые другие вещества.

Чаще всего в качестве ГСВ применяются тиоколы (полисульфидные каучуки) полиуретановые каучуки, карбоксилатные (бутадиеновые) каучуки. В качестве уплотняющей добавки к ним вводятся эпоксидные смолы.

Металлические горючие применяются для повышения теплоты и температуры горения СРТТ. В современных СРТТ в основном применяется порошкообразный алюминий (*Al*). Применяя в различных соотношениях порошкообразный алюминий и алюминиевую пудру, можно в широких пределах изменять и линейную скорость горения. Порошкообразный алюминий выполняет роль стабилизатора процесса горения, а присутствие его в топливной массе увеличивает физико-механические свойства зарядов СРТТ.

Катализаторы скорости горения способны при сравнительно невысокой температуре к разложению с образованием активного кислорода, который активизирует процесс горения СРТТ. Это окислы и соли металлов (Fe_2O_3, *CuO, PbO* и др.).

Кроме того, в состав СРТТ вводятся также технологические добавки, улучшающие технологические и эксплуатационные свойства, по-вышающие физико-механические показатели зарядов. Ввиду того, что эти

добавки являются органическими веществами, они вводятся в состав горюче-связующего вещества.

Смесевые РТТ имеют существенные преимущества по сравнению с другими ракетными топливами по таким показателям, как: удельный импульс тяги (*Iуд* = 2150...2450Нс/кг); плотность топливных шашек (ρ=17000...2000кг/м^3); меньшая зависимость скорости горения от давления в камере сгорания и от начальной температуры заряда. Технологичность СРТТ дает возможность изготовления малогабаритных вкладных зарядов диаметром до 4...6 м.

Производство СРТТ значительно проще, чем других ракетных топлив, и в этом заключается еще одно их преимущество. Следовательно, использование СРТТ позволяет существенно повысить дальность полета ракет, уменьшить при необходимости размеры ракетной части, повысить мобильность ракетных комплексов.

Однако СРТТ, как сравнительно новый класс РТТ, еще недостаточно изучен. Вследствие этого им присущи некоторые недостатки.

Основным недостатком является невысокая стабильность некоторых свойств в процессе эксплуатации. Это объясняется тем, что еще не подобраны должным образом вещества, предотвращающие «старение» горюче-связующего вещества, которое сопровождается сравнительно быстрым изменением сроков хранения зарядов СРТТ.

1.2.3. Пиротехнические составы и средства

Пиротехническими составами называют вещества и смеси, горение которых сопровождается световыми, тепловыми, звуковыми, дымовыми и реактивными пиротехническими эффектами.

Горение пиротехнических составов представляет собой окислительно-восстановительный процесс, причем энергия, освобождающаяся в результате химической реакции, используется не для производства механической работы, как у порохов, а для получения определенного пиротехнического эффекта (света, тепла, дыма и др.).

Процесс горения пиротехнических составов характеризуется образованием пламени и аэрозоля, выделением газообразных продуктов и тепла и перемещением фронта реакции горения. По характеру процессов, протекающих при горении пиротехнические составы классифицируют по следующим признакам (рис. 1.6).

Пиротехнические составы, в которых используется яркое пламя относятся к пламенным составам (осветительные, трассирующие, сигнальные, составы инфракрасного излучения, фотосмеси). Соответственно процесс выделения тепла используется в тепловых составах, к которым относятся термитно-зажигательные и воспламенительные составы. Выделение газа при реакции горения используется в газогенерирующих реактивных составах (т.е. твердых

ракетных топливах) и составах для газогенераторов. Процесс перемещения фронта реакции горения характерен для малогазовых составов (замедлительные, дистанционные). К аэрозольным составам относятся маскирующие и сигнальные дымы.

Пиротехнические составы состоят из окислителей, горючих, цементаторов и добавок различного назначения, сообщающих составам дополнительные специфические свойства. Соотношение между компонентами может быть различным в зависимости от назначения состава.

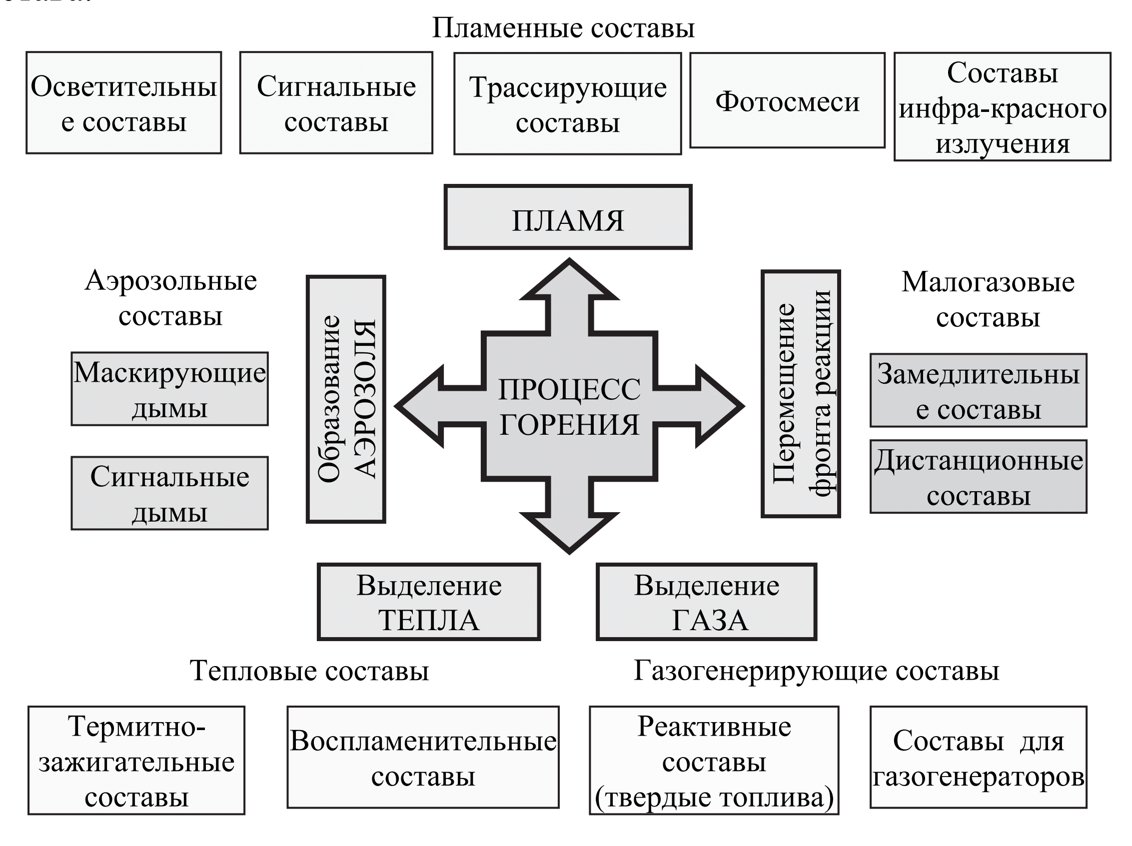


Рис. 1.6. Схема классификации пиротехнических составов

Окислители обеспечивают пиротехнические составы активным кислородом, необходимым для горения смеси. Во многих пиротехнических составах горючее сгорает под действием кислорода, содержащегося в окислителе, только частично; полное сгорание происходит благодаря O_2 воздуха. В качестве окислителей применяются многие соли, окислы и перекиси металлов *(нитрат бария* $Ba(NO_3)_2$, *нитрат калия* KNO_3, *оксид железа* Fe_3O_4, *оксид марганца* MnO_2*)*, а также некоторые органические соединения.

Горючие обеспечивают необходимое тепловыделение, а в отдельных случаях играют роль цементаторов. В качестве горючего используются главным образом металлы (*Mg, Al* и их сплавы, реже *Ti и Zr*), углеводородные смеси (*керосин, бензин, мазут*), углеводы (*крахмал*), древесина, опилки и др.

Связующие (цементаторы) служат для придания спрессованным пиротехническим составам необходимых механических свойств. В качестве связующих применяют синтетические смолы (*идитол, бакелит*) и естественные смолы (*шеллак, канифоль, олифа, углеводороды, парафин, стеарин*).

Добавки выполняют различные функции. Одни добавки обеспечивают получение пламени заданного цвета (соли и органические красители), другие (флегматизаторы) – снижают чувствительность состава для обеспечения безопасности при изготовлении и необходимого срока хранения.

При разработке состава всегда стремятся получить менее сложный состав, т. е. используют компоненты, которые выполняют несколько функций. Так, используя в качестве окислителя *нитрат стронция* $Sr(NO_3)$, одновременно получают пламя красного цвета, так как присутствие стронция обеспечивает окраску пламени в красный цвет.

Пиротехнический эффект, а также скорость горения пиротехнических составов зависят от степени измельчения компонентов, тщательности смешения, степени уплотнения, а также от габаритов и конструкции изделия.

Пиротехнические составы легко воспламеняются от луча огня и в прессованном виде сгорают со скоростью 1...10 мм/с, за исключением фотоосветительных и некоторых специальных зажигательных смесей, превращение которых распространяется от нескольких метров до тысяч метров в секунду. При горении выделяется значительное количество тепла – 4200...12500 кДж/кг - и развивается высокая температура 2300...3300 К, лишь некоторые составы (дымовые вещества, фосфор, керосин и др.) дают температуру горения 1000 ... 1300 К.

Большинство пиротехнических составов, в особенности содержащие хлоратные и перхлоратные окислители, обладают взрывчатыми свойствами.

Воспламенение пиротехнических изделий осуществляется воспламенительными составами, дымным порохом или огнепроводным шнуром.

Пиротехнические составы широко применяют в военных целях для снаряжения специальных видов боеприпасов, имитации на поле боя разрывов снарядов и орудийных выстрелов, освещения и задымления поля боя, учебных целей.

Рассмотрим примеры основных пиротехнических составов, наиболее широко используемых в пиротехнических и имитационных средствах.

Осветительными составами снаряжают пиротехнические средства, которые предназначены для освещения местности в ночное время с целью ведения наблюдения и прицельной стрельбы.

В осветительном составе окислителем может быть нитрат бария *($Ba(NO_3)_2$)*, нитрат натрия *($NaNO_3$)*, хлорат натрия *($NaClO_4$)*. В качестве горючего используются порошок алюминия *Al*, магния *Mg*, сера *S*. Цементаторами состава являются идитол, смола, олифа, шеллак и т.п.

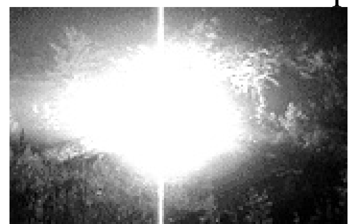
Пример осветительного состава: *57% $Ba(NO_3)_2$ + 27% Mg + 13% Al + 2% олифа + 1% графита.* Состав горит (рис. 1.7) достаточно долго ярким сосредоточенным белым пламенем в виде шара.

Трассирующие составы служат для снаряжения трассеров, которые предназначены для обозначения траектории полета снаряда или пули. Ограниченная продолжительность свечения достигается сочетанием высокого давления запрессовки и подбором количества и свойств цементатора. Трассирующие составы дают окрашенное пламя. Требуемый цвет пламени трассирующих составов достигается введением солей металлов, дающих окрашивание пламени.

Состав красного огня: *30% нитрат стронция $Sr(NO_3)_2$ + 40% магний Mg + 10% шеллак.* Красный цвет пламени обеспечивается наличием в составе стронция.

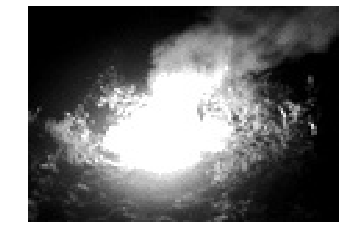
Состав зеленого огня: *60% нитрат бария $Ba(NO_3)_2$ + 20% Mg + 30% хлорорганическое соединение - гексахлорэтан C_2Cl_6 + 10% смолы.* Зеленый цвет обеспечивается наличием бария.

Состав желтого огня: *60% нитрат бария $Ba(NO_3)_2$ + 30% оксалат натрия $Na_2C_2O_4$ + 15% Mg + 5% смола.* Желтый цвет обеспечивается наличием в составе натрия.



Процентный состав
Нитрат бария *$Ba(NO_3)_2$*….57%
Магний *Mg*…………….…27%
Алюминий *Al*....................13%
Олифа …............................2%
Графит …..………………..1%

Рис. 1.7. Осветительный состав



Процентный состав
Нитрат стронция *$Sr(NO_3)_2$*...60%
Магний *Mg* 33%
Парафин ….……..……..........7%

Рис. 1.8. Сигнальный состав красного цвета



Процентный состав
Нитрат бария *$Ba(NO_3)_2$* ...68%
Гексахлорэтан *C_2Cl_6*……19%
Магний *Mg* 8%
Идитол *$C_{13}H_{12}O_2$*................5%

Рис. 1.9. Сигнальный состав зеленого цвета

Сигнальные пламенные составы служат для снаряжения сигнальных средств, которые обеспечивают подачу сигналов ночью и днем. Требуемый цвет пламени сигнальных составов достигается введением солей металлов, дающих окрашивание пламени.

В сигнальных средствах применяются составы, которые могут давать красное, зеленое, желтое, синее и белое пламя.

Составы красного, зеленого и желтого огней формируются так же, как и трассирующие составы соответствующих огней.

Однако между ними есть разница. От трассирующих составов требуется механическая прочность, а от сигнальных - прежде всего чистота цвета пламени. Поэтому количество цементатора в сигнальных составах, как правило, минимальное.

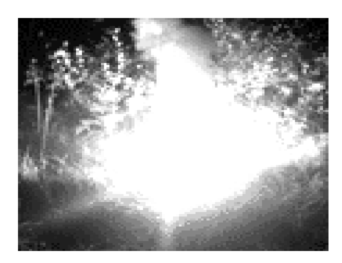
Состав красного огня (рис. 1.8): *60% нитрат стронция* $Sr(NO_3)_2$ *+ 33%* Mg *+ 7% парафин.* Красный цвет пламени обеспечивается наличием в составе стронция.

Состав зеленого огня (рис. 1.9): *68% нитрат бария* $Ba(NO_3)_2$ *+ 19% гексахлорэтан* C_2Cl_6 *+ 8%* Mg *+ 5% идитол* $C_{13}H_{12}O_2$. Зеленый цвет обеспечивается наличием бария.

Состав желтого огня (рис. 1.10): *40% нитрат калия* KNO_3 *+ 30% оксалат натрия* $Na_2C_2O_4$ *+ 30%* Mg. Желтый цвет обеспечивается наличием в составе натрия.

Состав синего огня (рис. 1.11): *61% хлорат калия* $KClO_3$ *+ 20% оксид меди (горная синь)* $2CuCO_3CuOH_2$ *+ 19% сера* S. Синий цвет пламени обеспечивается наличием в составе хлора и меди.

Состав белого огня (рис. 1.12): *56% нитрат бария* $Ba(NO_3)_2$ *+ 11% нитрат калия* KNO_3 *+ 19%* Al *+ 6% фторат бария* BaF_2 *+ 8% сера* S. Нитрат бария сообщает пламени зеленоватый оттенок, нитрат калия - розоватый; при совместном их присутствии в составе пламя получается не ярко белого цвета.



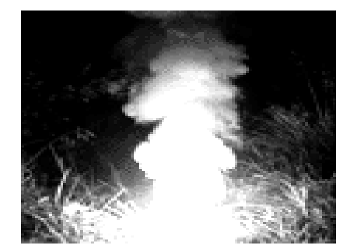
Процентный состав
Нитрат калия KNO_3 ....40%
Оксалат натрия $Na_2C_2O_4$ …30%
Магний Mg 30%

Рис. 1.10. Сигнальный состав желтого цвета



Процентный состав
Хлорат калия $KClO_3$ 61%
Горная синь *(оксид меди)* $2CuCO_3CuOH_2$…………....20%
Сера S 19%

Рис. 1.11. Сигнальный состав синего цвета



Процентный состав
Нитрат бария $Ba(NO_3)_2$ 56%
Нитрат калия KNO_3 ....11%
Фторат бария BaF_2 ....6%
Алюминий Al ………….....19%
Сера S 8%

Рис. 1.12. Сигнальный состав белого цвета

Сигнальные составы дневного действия (цветные дымы*)* также применяются для сигнализации в дневное время. В военном деле составами цветных дымов снаряжаются дымовые сигнальные патроны. Применяют 6 основных цветов сигнальных дымов: красный, оранжевый, черный, желтый, синий и зелёный.

Составы цветных дымов обычно содержат: хлорат калия $KClO_3$ 20-40%, углеводы - 15-25%, краситель - 45-55%, связующее 0-5%. В них

отсутствуют металлические горючие. В качестве красителей обычно используют родамин (красный), жироранж (бензолазо-бета-нафтол жирорастворимый оранжевый), аурамин с добавкой коричневого красителя хризоидина (жёлтый), синий – индиго (синий), смесь аурамина и индиго (зеленый).

Состав красного дыма (рис. 1.13): *30-35%* $KClO_3$ *+ 25-30% молочный сахар + 40-50% родамин.*

Состав оранжевого дыма (рис. 1.14): *30-35%* $KClO_3$ *+ 20-30% молочный сахар +40- 50% жироранж.*

Состав черного дыма (рис. 1.15): *45-50%* $KClO_3$ *+ 40-50% антрацен + до 15% уголь.* Антрацен обеспечивает черный цвет дыма.

Состав желтого дыма: *30-35%* $KClO_3$ *+ 20-25% молочный сахар + 40-42% аурамин + до 10% хризоидин.*

Состав зеленого дыма: *35%* $KClO_3$ *+ 25% молочный сахар + 15-30% аурамин + 15-30% индиго.*

Состав синего дыма: *35%* $KClO_3$ *+ 25% молочный сахар + 40% синтетический индиго.*

Маскирующие дымы применяются для маскировки своих войск или для ослепления противника. Составы их могут быть двух типов. Одни составы содержат дымообразующие вещества в готовом виде, которые испаряются при горении состава (нашатырь).

Примером этого типа может служить смесь Ершова (рис. 1.16): *20%* $KClO_3$ *+ 50% нашатыря (хлористый аммоний* NH_4Cl*) + 20% нафталина + 10% березового угля C.*



Процентный состав
Хлорат калия
$KClO_3$...............30-35%
Молочный сахар..25-30%
Родамин…………40-50%

Рис. 1.13. Дым красного цвета



Процентный состав
Хлорат калия
$KClO_3$ …………30-35%
Молочный сахар..20-30%
Жироранж …….40-50%

Рис. 1.14. Дым оранжевого цвета



Процентный состав
Хлорат калия
$KClO_3$ …………..45-50%
Антрацен ....….....40-50%
Уголь …………….до 15%

Рис. 1.15. Дым черного цвета



Процентный состав
$KClO_3$ ………... 20%
Нашатырь …....50%
Нафталин ….....20%
Уголь 10%

Рис. 1.16. Смесь Ершова

Дымовой состав Ершова имеет очень хорошую плотность. Температура горения состава минимально низкая. Остаток горения очень легкий, пористый. Вместо нафталина также можно использовать антрацен.

В составах второго типа дымообразующие вещества образуются в результате горения состава. Примером может служить смесь: *40% четыреххлористого углерода* CCl_4 *+ 34% цинка + 14% хлората натрия* $NaClO_3$ *+ 9% нашатыря* NH_4Cl *+ 3% кизельгура (поглотитель четыреххлористого углерода* CCl_4 *).*

Зажигательные составы представляют собой наиболее древний и обширный класс пиротехнических средств. Эти средства применяются для зажжения и уничтожения различных горючих материалов, техники и живой силы противника.

Зажигательные составы разделяются на составы с окислителем и без окислителя.

<u>К зажигательным составам с окислителем</u> относятся термиты и термитно-зажигательные составы, в которых основным окислителем являются окислы металлов, и составы, окислителем в которых является соль, содержащая кислород. Такие составы сгорают за счет окислителя и могут гореть без доступа воздуха.

Термитами называются беспламенные составы, которые при горении не выделяют газы. Основными качествами термитов является высокая температура горения (2400°), отсутствие пламени при горении и газообразных продуктов горения. Пример термита*: 75% железная окалина* $(Fe_2O_3+F_3O_4)$ *+ 25% алюминий (Al).*

Широкое применение нашли многокомпонентные термитно-зажигательные составы. Это термиты с добавками окислителей (солей) и связующих, которые горят с образованием пламени. Примером может служить следующий состав: *13% Al + 12% Mg + 21% окись железа* Fe_2O_3 *+ 44% нитрат бария* $Ba(NO_3)_2$ *+ 6% нитрат калия* KNO_3 *+ 4% смола.*

Зажигательные составы с окислителями - солями применяются для снаряжения мелких боеприпасов (например пуль). Приведение их в действие осуществляется от простых механических импульсов, например, от удара в броню. Пример состава: *65% нитрата калия* KNO_3 *+ 26% алюминия А + 9% древесного угля.*

<u>К зажигательным составам без окислителя</u> относятся нефтепродукты, сплав «электрон», фосфор и его соединения и прочие зажигательные вещества и смеси, которые при отсутствии воздуха не горят.

Нефтепродукты могут быть: отверждённые или загущенные. Они выделяют при горении большое количество тепла, большое пламя, обладают малой скоростью горения, низкой стоимостью. Примером отвержденного горючего является «напалм» - смесь нафтеновой и пальминовой кислот. Загущенные нефтепродукты применяются в огнеметных смесях, примером которых могут служить смесь *70% солярового масла и 30% сырого бензина.*

Сплав *«электрон»* является легким зажигательным сплавом, воспламеняемым от термита (*90-95% Mg + 3-8% Al + 1-2% Zn + 0,5-1,0% Mn*). Он используется для изготовления корпусов мелких зажигательных бомб.

К самовоспламеняющимся составам следует отнести *белый фосфор* его растворы и соединения.

Воспламенительные составы служат для зажигания основных пиросоставов (осветительных, дымовых, трассирующих).

В них используются компоненты, легко реагирующие при сравнительно низкой температуре. Пример такого состава: *63% нитрата калия* KNO_3 + *15% серы S + 12% антимония(сернистой сурьмы)* Sb_2S_3 + *10% пороховой мякоти.*

Пиротехнические составы применяют для снаряжения боеприпасов или изделий, которые объединяют общим наименованием - **пиротехнические средства.** По принципу действия и предназначению пиротехнические средства можно разделить (рис. 1.17) на следующие группы: пламенные, тепловые, дымовые, средства системы пироавтоматики и смесевые твердые топлива.

Примерами пиротехнических средств и боеприпасов, которые снаряжаются различными типами пиротехнических составов являются:

– осветительные средства (осветительные снаряды, патроны и др.), используемые для освещения местности в ночных условиях. К осветительным средствам относятся осветительные артиллерийские снаряды и мины, реактивные осветительные патроны ближнего действия. При снаряжении изделий осветительные составы прессуют в оболочку под высоким давлением.

– трассирующие средства (трассеры снарядов и пуль), делающие видимой траекторию полета пуль и снарядов (и других подвижных объектов) и тем самым облегчающие пристрелку по быстро движущимся целям. Трассеры используются главным образом в снарядах зенитных и противотанковых орудий, ПТУР и др.

– сигнальные пламенные средства (наземные сигнальные патроны и др.), применяемые для подачи сигналов в дневных и ночных условиях. К сигнальным средствам относятся сигнальные реактивные патроны, наземные сигнальные патроны и др.

– сигнальные дымовые средства (наземные сигнальные дымовые патроны и др.), применяемые для подачи сигналов в дневных и ночных условиях. К сигнальным средствам относятся сигнальные реактивные патроны, наземные сигнальные патроны и др.

– маскирующие средства (дымовые снаряды, гранаты, патроны и др.), употребляемые для получения дымовых завес с целью прикрытия своих войск или ослепления противника.

– зажигательные средства (зажигательные бомбы, снаряды, мины, пули, гранаты и т. д.), применяются для зажжения и уничтожения различных горючих материалов, техники и живой силы противника.

– целеуказательные средства (снаряды, бомбы и др.), указывающие местонахождение объектов противника;

– фотосредства (фотобомбы, фотопатроны). Фотобомбы служат для непродолжительного (десятые, сотые доли секунды), но очень сильного освещения местности, необходимого для проведения аэрофотосъемок в ночное время.

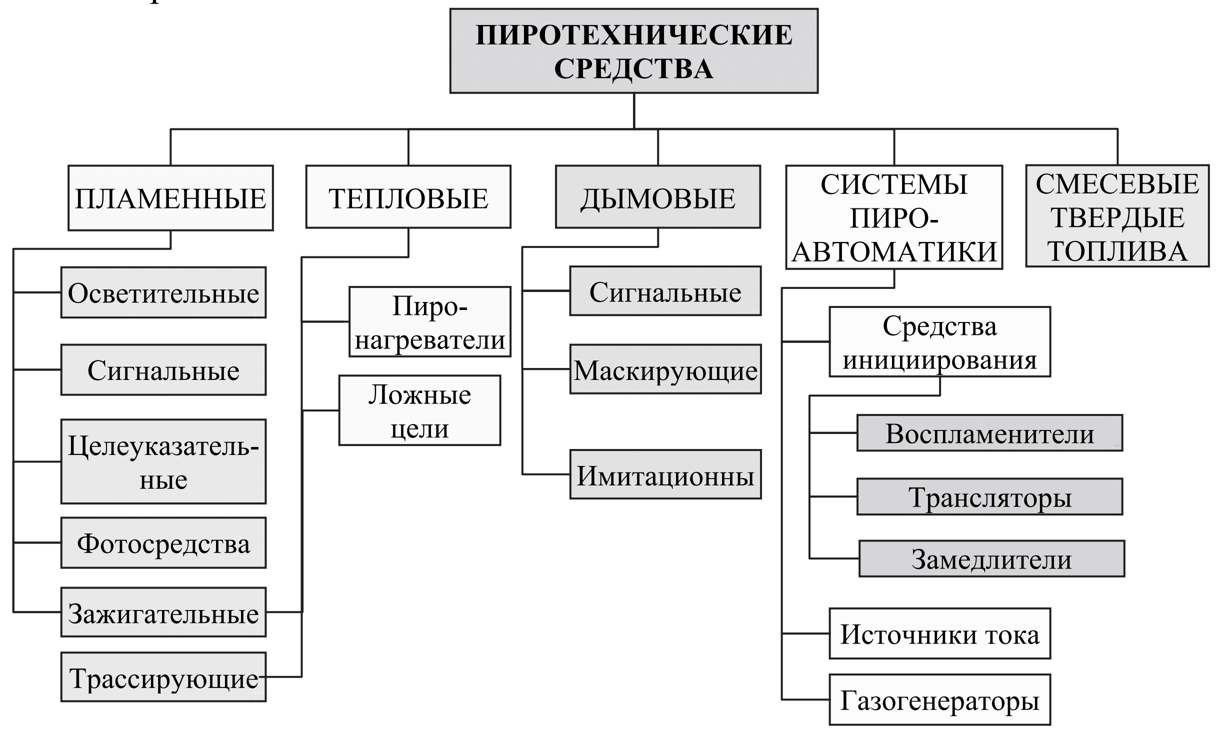


Рис. 1.17. Схема классификации пиротехнических средств

– имитационные средства, используются на маневрах и ученьях, а также в боевой обстановке. Они имитируют действие бомб, фугасных снарядов и бомб, а также различные явления на поле боя (орудийные выстрелы, пожары и др.) с целью дезориентации службы наблюдения противника.

– вопламенители, замедлители,передаточные заряды, применяемых во взрывателях и их механизмах.

– пиротехнические газогенераторы, пиронагреватели и источники тока, используемые для различных целей в реактивных двигателях ракет.

На оснащении армейских подразделений сухопутных войск состоят различные образцы вооружения и ракет и боеприпасов, в конструкции которых используются пиротехнические составы.

К пиротехническим средствам ближнего действия относятся: 30, 40, 50мм реактивные осветительные патроны; 30мм реактивные однозвездные и многозвездные сигнальные патроны красного и зеленого огней; 30мм

реактивные сигнальные патроны красного и синего дымов; 15-мм сигнальные патроны красного, зеленого и желтого огней с приспособлением для отстрела; наземные сигнальные патроны красного, зеленого и желтого огней; наземный сигнальный патрон оранжевого дыма.

К имитационным средствам относятся: взрывпакет кубической формы; взрывпакет цилиндрической формы; электровзрывпакеты; имитационные патроны; шашки имитации разрывов артиллерийских снарядов; дымовые гранаты; имитаторы атомного взрыва и др.

Реактивные осветительные патроны предназначаются для освещения местности и целей в ночное время непосредственно перед боевыми порядками своих войск. Они представляют собой готовые выстрелы. Отстрел их производится без применения специального оружия или приспособлений. Характеристики патронов приведены в таблице 1.4.

Все реактивные патроны устроены принципиально одинаково.

Пороховой заряд является источником движения ракеты. Он состоит из шашки нитроглицеринового пороха, горение которого обеспечивается воспламенительной звездкой, спрессованной из специального пиротехнического состава. Вышибной заряд из дымного ружейного пороха служит для воспламенения осветительной звездки и отделения ее от реактивной части. Осветительная звездка состоит из алюминиевой оболочки, в которую запрессован специальный пиротехнический осветительный состав, дающий при горении большую силу света.

Таблица 1.4

Тактико-технические характеристики реактивных осветительных патронов

Характеристика	30-мм патрон увеличенной дальности	40-мм патрон увеличенной дальности	50-мм патрон дистанционного действия
Калибр, мм	30	40	50
Дальность полета осветительных звездок, м	450	450	800-1200
Время горения осветительных звездок, с	8-10	22-25	25-30
Предельная дальность видимости целей, м	500-600	800-1000	1500
Радиус освещения местности, м	240	320	250-300

30-мм реактивный осветительный патрон (рис. 1.18) состоит из пусковой трубки, воспламенительного устройства, ракеты и дополнительных деталей — поджимной трубки, пыжей, крышки и колпачка.

Пусковая трубка служит для размещения ракеты и воспламенительного устройства. Она направляет полет ракеты и предохраняет детали патрона от механических воздействий и от влаги. Пусковая трубка состоит из картонной гильзы *6* с металлическим цоколем *7*. На нижней части цоколя имеется резьба для навинчивания колпачка *4*.

Воспламенительное устройство предназначено для воспламенения порохового заряда. Оно состоит из металлической чашки *22*, в которую вставлен капсюль-воспламенитель *25,* представляющий собой медный

колпачок со специальным чувствительным к трению составом. Через капсюль-воспламенитель пропущена проволочная терка *24.* Верхний конец терки закручен в спираль; к нижнему концу терки привязан вытяжной шнур *26* из льняной нитки. Другой конец вытяжного шнура прикреплен к металлическому кольцу *27.* В пусковой трубке воспламенительное устройство закреплено с помощью картонного упора *23.*

Ракета *5* состоит из реактивной части, вышибного заряда и осветительной звездки.

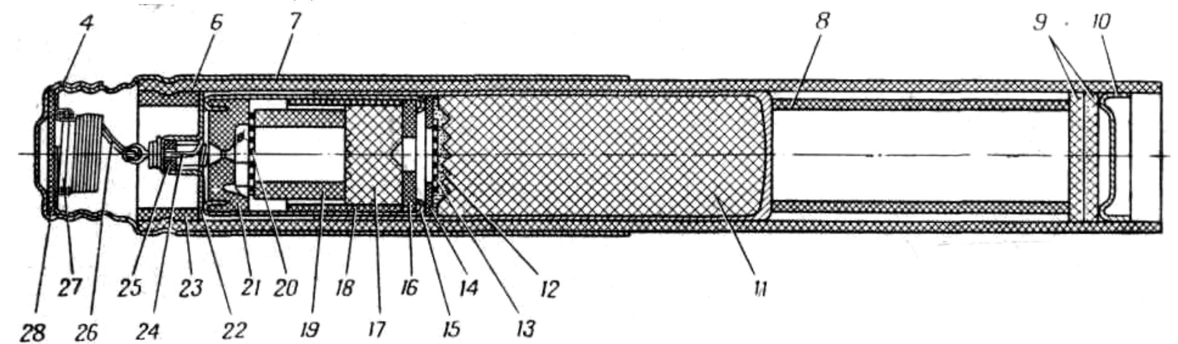


Рис. 1.18. 30-мм реактивный осветительный патрон увеличенной дальности (разрез): 4 – колпачок; 6 – гильза; 7 – цоколь; 8 – поджимная трубка; 9 – пыжи; 10 – крышка; 11 – осветительная звездка; 12 – вышибной заряд; 13 – марлевый квадрат; 14 – перегородка; 15 – оболочка реактивной части; 16 – прокладка; 17 – воспламенительная звездка; 18 – оболочка воспламенительной звездки; 19 – пороховая шашка; 20 – стопинированный кружок; 21 – турбинка; 22 – чашка; 23 – упор; 24 – терка; 25 – капсюль-воспламенитель; 26 – вытяжной шнур; 27 – кольцо; 28 – прокладка

Реактивная часть предназначена для сообщения ракете поступательного и вращательного движения. Она состоит из стальной оболочки *15*, в которой расположены пластмассовая - турбинка *21* и пороховой заряд. Турбинка имеет одно центральное и три боковых отверстия (сопла), предназначенные для выхода пороховых газов из реактивной части. Боковые сопла выполнены под углом к оси ракеты.

Пороховой заряд является источником движения ракеты. Он состоит из шашки *19* нитроглицеринового пороха, горение которого обеспечивается воспламенительной звездкой *17,* спрессованной из специального пиротехнического состава.

Вышибной заряд *12* из дымного ружейного пороха служит для воспламенения осветительной звездки и отделения ее от реактивной части.

Осветительная звездка *11* состоит из алюминиевой оболочки, в которую запрессован специальный пиротехнический осветительный состав, дающий при горении большую силу света.

Для отстрела патрона необходимо отвинтить колпачок, извлечь из гнезда кольцо с вытяжным шнуром, направить патрон вверх под углом 40 - 50° и выдернуть шнур. При этом проволочная терка *24*, проходя через терочный состав капсюля-воспламенителя *25* вызывает его воспламенение.

Луч пламени проникает в реактивную часть, воспламеняет стопинированный кружок *20*, воспламенительную звездку *17* и шашку *19* твердого топлива. Образующиеся при этом газы, истекая через сопла турбинки *21*, создают реактивную силу. Ракета под действием реактивной силы вылетает из пусковой трубки и летит в заданном направлении. Пусковая трубка остаётся в руке стреляющего.

Через 3 – 4 секунды после выстрела воспламенительная звездка *17* сгорает и воспламеняет вышибной заряд *12*, который воспламеняет осветительную звёздку *11* и отделяет её от реактивной части. При запуске ракет под углом 40-50° воспламенение осветительной звёздки происходит на удалении около 250 м от места отстрела и на высоте примерно 150 м.

В течении первых 1 – 2 с после отделения осветительная звездка летит вперед и вверх, достигая высоты 200 – 250 м на удалении 300 – 350 м, затем начинает снижаться; догорает на высоте 30 – 50 и на удалении 400 – 500м от места выстрела.

Реактивные сигнальные патроны предназначены для сигнализации в ночное и дневное время.

Различают 30-мм реактивные сигнальные патроны красного и зеленого огней, которые служат для сигнализации в ночное и дневное время и 30-мм реактивные сигнальные патроны красного и синего дымов – для сигнализации только в дневное время. Характеристики патронов приведены в таблице 1.5.

По наружному виду и габаритам данные патроны одинаковы с осветительным патроном. Ракета однозвездного патрона вместо осветительной звездки имеет сигнальную звездку, дающую при горении пламя красного или зеленого цвета.

Таблица 1.5

Тактико-технические характеристики реактивных сигнальных патронов

Характеристика	30-мм однозвездный патрон красного и зеленого огней	30-мм многозвездный патрон красного и зеленого огней	30-мм патрон дневного действия красного и синего дымов	15-мм сигнальный патрон
Калибр, мм	30	30	30	15
Высота подъема сигнала, м	230	230	230	60-70
Время действия сигнала, с	9-11	6-8	2-30	6-7
Предельная дальность видимости сигнала, км	днем - 3 ночью - 15	днем - 3 ночью - 15	днем – 5-6 ночью – н/д	днем – 2 ночью - 8

Ракета 30-мм многозвездного сигнального патрона состоит из алюминиевого корпуса *1* (рис. 1.19), в котором размещены реактивная часть *2,* три сигнальные звездки *4* красного или зеленого огня, каждая из

которых заключена в картонную оболочку 5, и два вышибных заряда из дымного ружейного пороха — нижний *3* и верхний *6*.

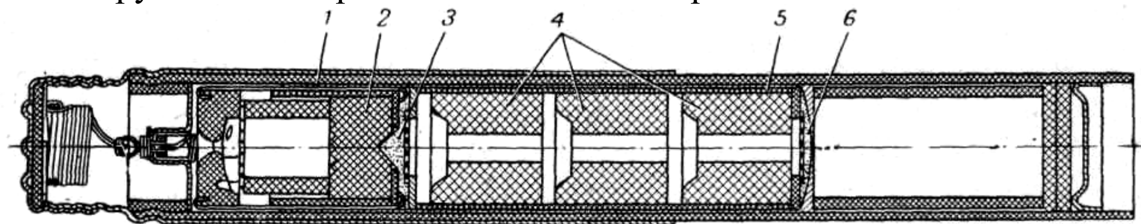


Рис. 1.19. 30-мм многозвездный сигнальный патрон (разрез):

1 – корпус ракеты; 2 – реактивная часть; 3 – нижний вышибной заряд; 4 – сигнальные звездки; 5 – оболочка сигнальной звездки; 6 – верхний вышибной заряд

Ракета 30-мм патрона дневного действия состоит из алюминиевого корпуса *5* (рис. 1.20), в котором размещены реактивная часть и шесть дымовых шашек *6*.

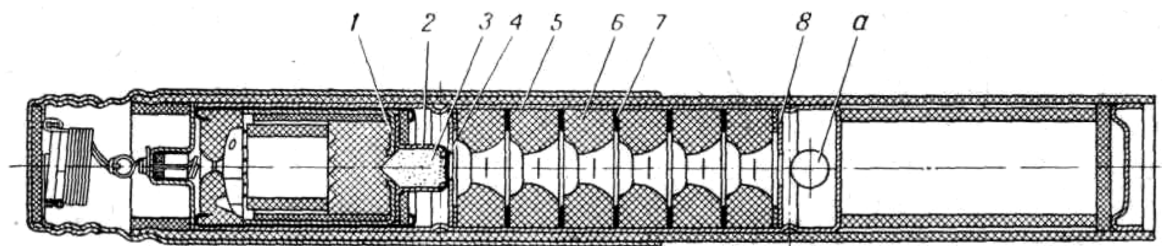


Рис. 1.20. 30-мм сигнальный патрон дневного действия (дымовыми элементами):

1 – металлическая оболочка; 2 – стаканчик; 3 – воспламенительная смесь; 4 – нижняя диафрагма; 5 – корпус ракеты; 6 – дымовая шашка; 7 – прокладка; 8 – верхняя диафрагма; а – окно для выхода дыма

Реактивная часть этого патрона отличается от реактивной части 30-мм осветительного патрона наличием металлической оболочки *1*, предназначенной для улучшения ее герметичности, и металлического стаканчика *2* с воспламенительной смесью *3,* служащей для воспламенения дымовых шашек.

Дымовые шашки *6* представляют собой цилиндрики с каналом, спрессованные из специальных пиротехнических составов, содержащих вещества, окрашивающие дым в красный или синий цвет. Дымовые шашки разделены между собой бумажными прокладками и закреплены в корпусе с помощью металлических диафрагм — верхней *8* и нижней *4*.

В верхней части корпуса ракеты имеется окно *а* для выхода дыма, закрытое с целью герметизации ракеты фольговым кружком.

Действие ракеты до момента сгорания воспламенительной звездки такое же, как и действие ракеты осветительного патрона.

После сгорания воспламенительной звездки загорается воспламенительная смесь *3* в стаканчике *2,* которая воспламеняет дымовые шашки *6.* Дым, образующийся при горении дымовых шашек, прорывает фольгу, закрывающую окно *а* в верхней части корпуса ракеты, и выходит из корпуса, давая сигнал в виде красной или синей ленты.

15мм сигнальный патрон *1* (рис. 1.21) состоит из мортирки *3*, сигнальной звездки *4,* вышибного патрона *5* и дополнительных деталей: пыжа *2* и предохранительного колпачка *6.*

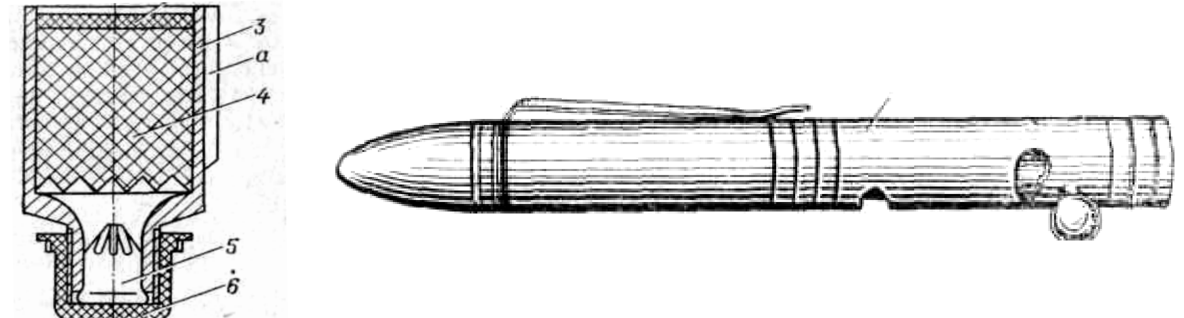


Рис. 1.21. 15-мм сигнальный патрон и приспособление для его отстрела:

1 – сигнальный патрон; 2 – пыж; 3 – мортирка; 4 – сигнальная звездка; 5 – вышибной патрон; 6 – предохранительный колпачок; а – опознавательный выступ

Мортирка *3* служит для размещения сигнальной звездки *4* и вышибного патрона *5.* Она предохраняет звездку от механических воздействий и влаги и направляет ее полет при выстреле. На нижней части мортирки имеется резьба, на которую при заряжании навинчивается приспособление (рис. 3.16) для отстрела патронов.

Сигнальная звездка *4* представляет собой цилиндрик, спрессованный из специального пиротехнического состава, при горении которого образуется цветное пламя. Патроны снаряжаются звездками, дающими при своем горении пламя красного, зеленого или желтого цвета.

Вышибной патрон *5* предназначен для сообщения сигнальной звездке поступательного движения и для ее воспламенения. Он состоит из гильзы, внутри которой находится вышибной заряд из пороха и ударный состав.

Пыж *2* исключает выпадание сигнальной звездки из мортирки и предохраняет ее от влаги. Предохранительный колпачок *6* предохраняет вышибной патрон от случайных ударов и наколов при обращении с ним.

Наземные сигнальные патроны служат для обозначения переднего края и занятых войсками рубежей, командных пунктов**,** огневых позиций, а также полос пролетов для авиации. Характеристики патронов приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6

Тактико-технические характеристики наземных сигнальных патронов

Характеристики	Наземные сигнальные патроны красного, зеленого и желтого огней	Наземный сигнальный патрон оранжевого дыма
Калибр, мм	40	40
Высота подъема сигнала, м	н/д	5 – 7
Время действия, с	40 – 50	40 – 50
Предельная дальность видимости сигнала, км	днем – 3 ночью – 6	днем – 3 ночью – 6

Наземные сигнальные патроны красного, зеленого и желтого огней (рис. 1.22) состоят из бумажного корпуса, сигнальной звездки *4,* воспламенительного устройства *5,* крышки *11 с* кольцом и ручек *16* с державкой *15.*

Корпус *3* служит для размещения сигнальной звездки *4* и воспламенительного устройства и для предохранения их от механических воздействий и влаги. Наружная поверхность корпуса окрашена краской защитного цвета.

Сигнальная звездка *4* дает при горении сигнал красного, или зеленого, или желтого огня. Она состоит из шашки, спрессованной из пиротехнического состава, и бумажной оболочки.

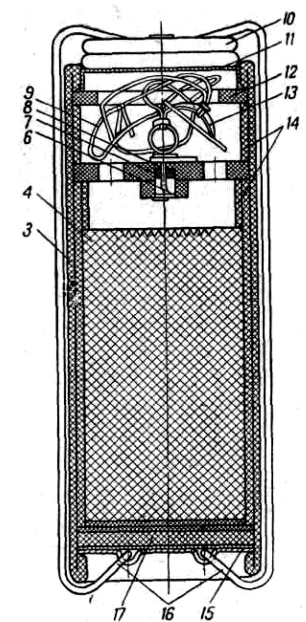


Рис. 1.22. Наземный сигнальный патрон ночного действия красного (зеленого и желтого) огня (разрез):

3 – корпус; 4 – звездка; 6 – терка; 7– капсюль - воспламенитель; 5 – диафрагма; 9 – вытяжной шнур; 10 — кольцо; 11 – крышка; 12 – шайба; 13 – пуговка; 14 – упоры; 15 – державка; 16 – ручки; 17 – дно

Воспламенительное устройство служит для воспламенения сигнальной звездки. Оно состоит из терочного капсюля-воспламенителя 7 с теркой *6,* закрепленного в пластмассовой диафрагме *8,* и вытяжного шнура *9* с пуговкой *13,* прикрепленного к терке. Капсюль-воспламенитель, терка и шнур такие же, как и у 30- и 40-мм реактивных осветительных патронов.

Диафрагма *8* имеет четыре отверстия, через которые при действии патрона выходят из корпуса продукты горения сигнальной звездки.

Металлическая крышка *11* закрывает патрон сверху и предохраняет его снаряжение от механических воздействий и влаги.

Кольцо *10,* прикрепленное к крышке *11,* предназначено для ее извлечения при подготовке патрона к действию.

При рывке за вытяжной шнур следствие трения терки о терочный состав воспламеняется капсюль-воспламенитель. Луч пламени от капсюля воспламеняет сигнальную звездку. При горении сигнальной звездки образуется пламя красного (зеленого или желтого) цвета.

Наземный сигнальный патрон оранжевого дыма (рис. 1.23) состоит из бумажного корпуса, двух воспламенительных таблеток *4,* двух дымовых шашек *3,* воспламенительного устройства 5 и крышки *15* с кольцом *14.*

Корпус *2*, воспламенительное устройство и крышка *15* с кольцом устроены аналогично соответствующим деталям наземного сигнального патрона красного, или зеленого, или желтого огня и предназначены для тех же целей.

Дымовые шашки *3* спрессованы из специального пиротехнического состава и дают при горении дым оранжевого цвета.

Воспламенительные таблетки *4* предназначены для улучшения воспламенения дымовых шашек; они изготовлены из пиротехнического состава и дымного ружейного пороха.

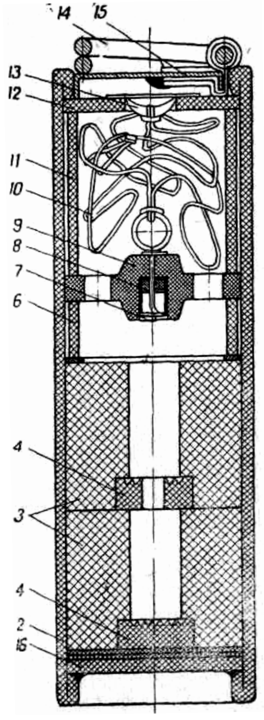


Рис. 1.23. Наземный сигнальный патрон оранжевого дыма (разрез):

2 – корпус; 3 – дымовые шашки;
4 – воспламенительные таблетки;
6 — нижний упор; 7 – терка;
8 — капсюль-воспламенитель;
9 – диафрагма; 10 – вытяжной шнур;
11 – верхний упор; 12 – шайба;
13 – пуговка; 14 – кольцо;
15 – крышка; 16 – дно

При рывке за вытяжной шнур воспламеняется капсюль-воспламенитель. Луч пламени от капсюля воспламеняет таблетки, которые в свою очередь воспламеняют дымовые шашки. При горении шашек образуется дым оранжевого цвета, который через отверстия в диафрагме выходит из корпуса патрона наружу.

Взрыв – пакеты применяются на войсковых учениях для условного обозначения наземных разрывов артиллерийских снарядов и ручных гранат. Характеристики взрывпакетов приведены в таблице 1.7.

Взрывпакет кубической формы (рис. 1.24) представляет собой картонную коробку *1*, в отверстие которой на клею вставлен огнепроводный шнур *5* длиной 90 мм. В коробку насыпается 40 г пороховой смеси *2,* состоящей из 50% мелкозернистого дымного пороха и 50% пороховой мякоти. Снаружи картонная коробка со всех сторон обматывается в

два-три слоя шпагатом *3* или тесьмой. Наружная часть огнепроводного шнура обернута папиросной бумагой 7, причем самый конец шнура для обеспечения надежного его воспламенения предварительно покрывается пороховой подмазкой *6.*

Таблица 1.7

Тактико-технические характеристики взрывпакетов

Наименование	Дальность слышимости звука, км	Масса взрывпакета, г	Высота подъема звукового элемента, м	Время горения от момента возгорания до взрыва, с	Средство приведения в действие
Взрывпакет кубической формы	до 2	80	-	7-8	Огнепроводный шнур
Взрывпакет цилиндрической формы	до 2	30	-	8,5	Огнепроводный шнур
Электровзрывпакеты	до 2	405	45-65	-	Электрозапал

Взрывпакет цилиндрической формы (рис. 1.25) представляет собой гильзу *5* из слоеной бумаги, снаряженную дымным ружейным порохом (ДРП-4) *6* и закрытую с двух сторон картонными пыжами *4.*

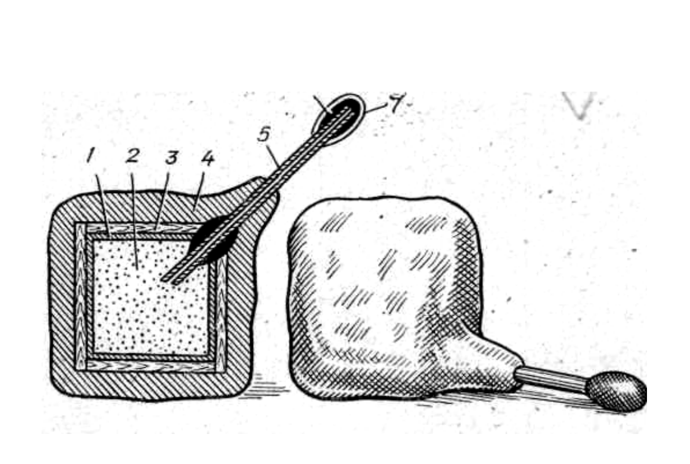


Рис. 1.24. Взрывпакет кубической формы:

1 – картонная коробка; 2 – пороховая смесь; 3 – шпагат (тесьма); 4 – гудрон; 5 – огнепроводный шнур; 6 – пороховая подмазка; 7 – папиросная бумага

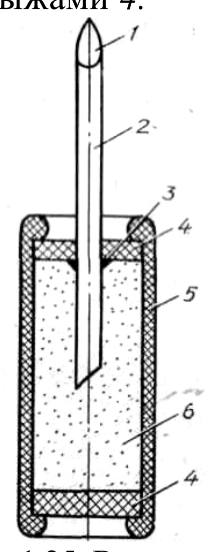


Рис. 1.25. Взрывпакет цилиндрической формы:

1 – запал; 2 – огнепроводный шнур; 3 – клей; 4 – картонные пыжи; 5 – картонная гильза; 6 – порох

Пыжи закрепляются в гильзе путем ее закатки. Верхний пыж имеет отверстие, в котором закреплен на клею или с помощью суровой (льняной) нити *5* и мастики (во взрыв – пакетах, изготовленных до 1965 г.) огнепроводный шнур *2* длиной 90 мм. Наружный конец огнепроводного шнура имеет запал *1*, представляющий собой пороховую подмазку.

Действие взрыв-пакетов кубической и цилиндрической формы одинаково. После воспламенения огнепроводного шнура луч огня через 7-8 с достигает разрывного заряда из дымного ружейного пороха и воспламеняет его. Происходит взрыв, сопровождающийся звуковым эффектом и образованием дымового облака.

Электровзрывпакет (рис. 1.26) служит для обозначения воздушных разрывов артиллерийских снарядов и состоит из следующих основных частей: мортирки *а* с вышибным зарядом *17* и электрозапалом *15,* звукового элемента *б* с замедлителем *11* и пиротехническим усилителем *10,* верхнего пыжа 5, цилиндрического картонного упора *4* и верхней крышки *2* с тесемочной петлей *1* для ее извлечения.

Мортирка предназначена для сборки всех частей электровзрыв-пакета в единое готовое изделие, предохранения внутренних его деталей от механических повреждений и непосредственного воздействия влаги, а также для направления полета звукового элемента при срабатывании электровзрывпакета.

Корпус 22 мортирки цилиндрический, изготовляется из слоеного картона способом навивки. Дном 16 мортирки служит деталь, спрессованная из инертных материалов (асбест, канифоль, индустриальное масло). В дне имеется камера для засыпки вышибного заряда из дымного ружейного пороха (ДРП-3) и помещения электрозапала.

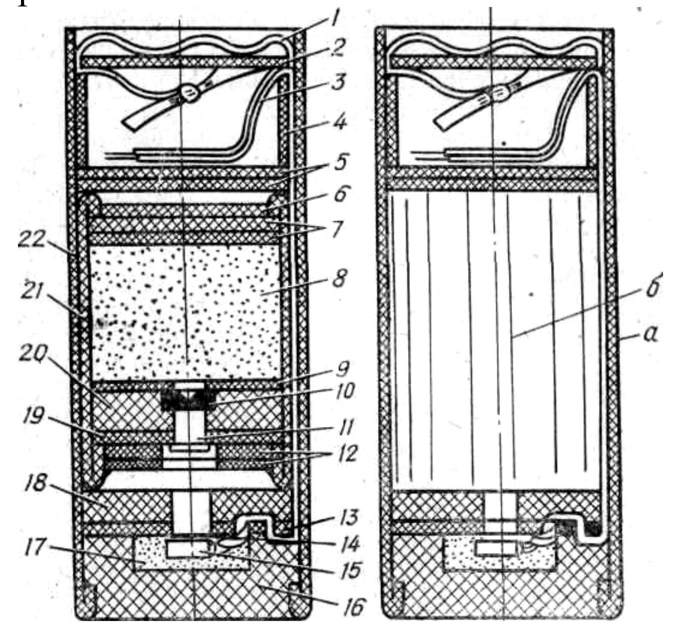


Рис. 1.26. Электровзрыв-пакет:

1 – тесемочная петля; 2 – верхняя крышка; 3 – провода электрозапала; 4 – упор; 5 – верхний пыж; 6 – распорное кольцо; 7 – пыж; 8 – звуковой состав; 9 – пыж с отверстием; 10 – усилитель; 11 – замедлитель; 12 – распорное кольцо; 13 – картонная шайба; 14 – кружок; 15 – электрозапал; 16 – дно; 17 – вышибной заряд; 18 — войлочный пыж; 19 – картонный пыж с отверстием; 20 – дно; 21 – корпус звукового элемента; 22 – корпус мортирки; а – мортирка; б – звуковой элемент

В отверстия, смещенные относительно центра, протянуты провода *3* электрозапала.

Звуковой элемент вставляется в мортирку и служит для создания звукового эффекта воздушного разрыва артиллерийского снаряда.

В нижней части звукового элемента вставлен пороховой замедлитель *11* и пиротехнический усилитель *10.* Замедлитель обеспечивает срабатывание звукового элемента на высоте 45—65 м от уровня земли. Усилитель

предназначен для усиления форса огня замедлителя, а также обеспечения надежности воспламенения звукового состава.

Звуковой состав представляет собой пиротехническую смесь в определенных пропорциях калиевой селитры, магниевого порошка и криолита.

Срабатывание электровзрыв-пакета происходит практически мгновенно. От источника тока срабатывает электрозапал, воспламеняя вышибной заряд. Газы, образовавшиеся при сгорании пороха вышибного заряда, выбрасывают звуковой элемент из мортирки, одновременно воспламеняя его замедлитель.

По истечении времени горения замедлителя происходит воспламенение усилителя, а от него звукового состава. При этом происходит разрыв звукового элемента, сопровождаемый звуковым эффектом. В точке разрыва звукового элемента образуется облако белого или серого, дыма, хорошо видимое на фоне неба на расстоянии до 2 км в течение 8—10 с. При отсутствии сильного порывистого ветра, дующего в направлении от наблюдателя, с этого же расстояния отчетливо слышен и звук разрыва звукового элемента.

Имитационные патроны применяются на войсковых учениях для имитации орудийной стрельбы. Действие различных типов патронов имитирует звуковой эффект: выстрела из 82мм или 107мм миномета (ИМ-82, ИМ-107); выстрела из 85мм, 100мм полевой пушки или выстрела из 122мм гаубицы (ИМ-85, ИМ-100); выстрела из 120мм миномета (ИМ-120).

Имитационный патрон ИМ-82(107) или ИМ-120 состоит (рис. 1.27) из картонного корпуса *1*, съемной крышки *2* с петлей *9,* верхнего обтюратора *3* с центральным гнездом для электровоспламенителя, пиротехнического разрывного заряда *4,* картонной прокладки *5* и нижнего обтюратора *6* с петлей 7 для подвешивания патрона. Заряд пиротехнического состава состоит из смеси калиевой селитры, магниевого порошка и криолита, взятых в определенных весовых пропорциях. В комплект ИМ-82(107) или ИМ-120 входит пороховой электровоспламенитель.

Принципиальным отличием конструкции имитационного патрона ИМ-85 или ИМ-100 является устройство разрывного заряда, который состоит из смеси тротила, калиевой селитры, алюминиевой пудры и криолита. В комплект этого патрона входит электродетонатор ТАТ №8А.

Для подготовки патрона к действию необходимо вынуть из него съемную крышку и вставить в гнездо разрывного заряда электровоспламенитель (электродетонатор). Имитационные патроны ИМ-82 (107) и ИМ-120 приводятся в действие с помощью электровоспламенителей. При подаче тока от подрывной машинки или аккумуляторной батареи на электровоспламенитель последний срабатывает и дает форс огня, который воспламеняет пиротехнический

состав патрона. Горение пиротехнического состава в закрытом объеме мгновенно переходит во взрыв, звуковым эффектом напоминающим минометный выстрел.

Для приведения в действие имитационных патронов ИМ-85 и ИМ-100 применяются электродетонаторы, которые при срабатывании дают взрывной импульс. Действие этих патронов сопровождается резким звуком, напоминающим выстрел из артиллерийского орудия.

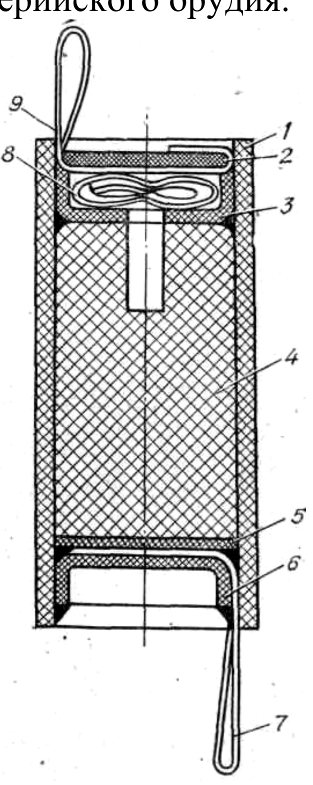


Рис. 1.27. Имитационные патроны ИМ-82 (107) и ИМ-120:

1 – корпус; 2 – съемная крышка; 3 – обтюратор верхний; 4 – разрывной заряд; 5 — картонная прокладка; 6 – обтюраторнижний; 7 – петля для подвешивания патрона; 8 – шнур; 9 – петля

Шашки имитации разрывов артиллерийских снарядов (ШИРАС) предназначены для подготовки наблюдателей за действием артиллерийского огня. Имеются ШИРАС белого, черного и серого дыма, которые аналогичны по устройству и отличаются только массой и компонентами в дымовом составе.

ШИРАС состоит (рис. 1.28) из жестяного корпуса *4,* крышки *2*, дымового состава *5*, переходного состава *9,* запала *1* и терки *6,* завернутой в бумагу *7*.

Дымовой состав предназначен для создания дымового эффекта разрыва артиллерийского снаряда при действии шашки.

Для ШИРАС белого дыма, он состоит из смеси гексахлорэтана и порошка алюминиево-магниевого сплава, для черного дыма—из смеси гексахлорэтана, магниевого порошка и антрацена, для серого дыма — из смеси гексахлорбензола и магниевого порошка.

Запал служит для приведения в действие ШИРАС и состоит из гильзы, заполненную порохом ДРП-4, огнепроводного шнура и воспламенитльной головки.

Головка запала воспламеняется от действия тепла, возникающего при трении ее о терку. Луч огня от воспламенительной головки передается через огнепроводный шнур на ДРП-4 гильзы. Под действием раскаленных газов, образовавшихся при сгорании пороха (ДРП-4), срабатывает дымовой состав. Шашка разрывается через 10-15 с после воспламенения запала.

Действие ШИРАС сопровождается звуковым эффектом с образованием дыма, напоминающего дым при взрыве артиллерийского снаряда.

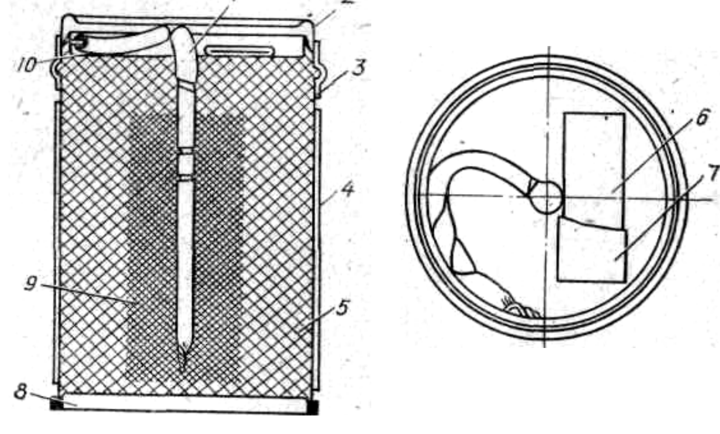


Рис. 1.28. Шашка имитации разрывов артиллерийских снарядов (ШИРАС):
1 – запал; 2 – крышка; 3 – лента изоляционная; 4 – корпус; 5 – дымовой состав; 6 – терка; 7 – бумага; 8 – дно; 9 – переходный состав; 10 – диафрагма

Имитатор атомного взрыва используется для обучения войск боевым действиям в условиях применения атомного оружия. Он воспроизводит в уменьшенном масштабе световую вспышку, звуковой эффект и клубящееся облако грибовидной формы воздушных и наземных атомных взрывов.

Снаряд имитатора состоит из шашек разрывного заряда (всего около 16 кг тротила) и пиротехнического состава (85 кг). Вышибной заряд из дымного пороха ДРП№2 (около 0,5 кг) обеспечивает высоту разрыва снаряда до 90 м.

В результате воздушного взрыва, сопровождаемого сильным, раскатистым звуком светится огненный шар диаметром 20 - 25 м (2 секунды) и в течение 7 минут сохраняется шапка облака грибовидной формы диаметром 80 - 90 м,.

1.3. НИТРОЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ПОРОХА

Нитроцеллюлозные (НЦ) пороха представляют собой уплотненные (в процессе производства) нитраты целлюлозы, содержащие также пластификаторы и различные добавки. В отличие от порохов–механических смесей они являются достаточно гомогенными системами. Разновидности нитроцеллюлозных (бездымных) порохов показаны на рисунке 1.29.

Пироксилиновые пороха готовятся из нитратов целлюлозы (пироксилина) с применением летучего растворителя–пластификатора

(спирто–эфирная смесь), который удаляется из пороха на последних стадиях производства.

Существует несколько разновидностей пироксилиновых порохов.

По практическому предназначению различают обыкновенный орудийный пироксилиновый порох и так называемые специальные пороха. Они различаются количественным и качественным компонентным составом. К специальным порохам относятся специальные орудийные пороха и пироксилиновые пороха к стрелковому оружию.

Пироксилиновые пороха применяются для изготовления метательных зарядов к артиллерийским, минометным, гранатометным выстрелам, а также патронам стрелкового оружия.

Для получения баллиститных порохов применяются энергетически активные труднолетучие растворители–пластификаторы (нитроглицерин и другие), которые остаются в порохе и наряду с нитроцеллюлозой определяют весь комплекс эксплуатационных характеристик пороха



Рис. 1.29.Схема классификации нитроцеллюлозных порохов

По практическому предназначению различают орудийные, минометные баллиститные пороха и баллиститное ракетное твердое топливо (БРТТ). БРТТ, применяемые для изготовления ракетных зарядов, отличаются от обычного баллиститного пороха лишь тем, что они дополнительно содержат стабилизаторы процесса горения и катализаторы скорости горения в количестве нескольких процентов.

В зависимости от применяемого труднолетучего растворителя различают:
– нитроглицериновые пороха (растворитель глицеринтринитрат – нитроглицерин). Эти пороха широко применяются для изготовления минометных и ракетных зарядов, а так же для изготовления артиллерийских зарядов);
– нитродигликолевые пороха (растворитель диэтиленгликольдинитрат – нитродигликоль). Эти пороха широко используются для метательных зарядов к орудиям среднего и крупного калибра);
– нитроксилитановые пороха (растворитель ксилитантринитрат - нитроксилитан);
– пороха на смесевом растворителе (нитроглицерин + нитродигликоль, нитроксилитан + нитродигликоль и другие).

В зависимости от теплоты горения баллиститных порохов различают:
– высококалорийные пороха (применяются для изготовления минометных и ракетных зарядов), имеющие Qw(ж) = 4000...6000 кДж/кг.;
– пороха средней калорийности, имеющие Qw(ж) = 3000...4000 кДж/кг.
– низкокалорийные («холодные») пороха_с теплотой горения Qw(ж) = 2500...3000 кДж/кг.

Кордитные пороха готовятся на смешанном растворителе–пластификаторе (например, растворе нитроглицерина в ацетоне или спиртоэфирной смеси); летучий компонент удаляется на последних стадиях производства. Использование такого пластификатора позволяет применять высокоазотную нитроцеллюлозу (пироксилин №1) и повышать энергетические характеристики пороха Преимущество кордитов – большая мощность.

Вискозные пороха (пороха без растворителя) представляют собой составы, полученные нитрованием предварительно уплотненной и ориентированной целлюлозы. Поскольку в них отсутствует растворитель, они совершенно не обладают термопластичными свойствами.

Сферические пороха (эмульсионного приготовления) по составу могут соответствовать как баллиститным, так и пироксилиновым порохам, но способ их производства принципиально от них отличается. Они готовятся эмульсионным методом с использованием летучего растворителя – этилацетата.

1.3.1. Пироксилиновые пороха

Пироксилиновым порохом называется порох на основе нитратов целлюлозы, пластифицированных (растворяемых) спирто–эфирным растворителем, с добавками.

Обыкновенный орудийный порох имеют в составе пироксилин (нитрат целлюлозы – 91...97%), спирто–эфирную смесь (0,5…5%), дифениламин (1%) и гигроскопическую влагу (1...2%).

В отличие от обыкновенных орудийных порохов, ряд марок пироксилиновых порохов содержит в своем составе дополнительные компоненты, придающие им особые свойства. Дополнительными компонентами могут быть: динитротолуол, дибутилфталат, сернокислый калий, хлористый калий, графит, камфара, калиевая селитра и др.

Основой пироксилиновых порохов являются нитраты целлюлозы с содержанием азота более 12,1%, которые называются пироксилинами.

В порохе нитраты целлюлозы выполняют роль энергетической основы и обусловливают его структурно-механические свойства.

Нитраты целлюлозы получают из целлюлозы. Наибольшее количество целлюлозы (до 95%) содержится в хлопке. Древесина хвойных пород содержит до 60%, а лиственных - до 50% целлюлозы.

Практически различают следующее виды нитратов целлюлозы, применяемые в производстве порохов: коллоксилин (N=11,5...12,1%), пироксилин №2 (N=12,1…12,5%), коллодий Д.И.Менделеева (N=12,5…12,7%), пироксилин №1 (N=13,0...13,5%). Для изготовления пироксилиновых порохов чаще всего используют смесевые пироксилины, состоящие из смеси пироксилинов №1 и №2.

Нитраты целлюлозы представляют собой твердое рыхлое волокнистое белого или слегка желтоватого цвета высокомолекулярное, вещество. Все виды нитратов целлюлозы не растворяются в воде. Это свойство позволяет многократно промывать нитраты целлюлозы холодной или горячей водой, тем самым обеспечивается их очистка от растворимых в воде примесей. Нитраты целлюлозы полностью или частично растворяются в ацетоне, этилацетате, дибутилфталате, нитрометане, нитробензоле, нитратах многоатомных спиртов (нитроглицерин, нитродигликоль и др.). Нитраты целлюлозы относятся к достаточно мощным бризантным взрывчатым веществам. В сухом виде они надежно детонируют от капсюля-детонатора №8. По чувствительности к удару сухие нитраты целлюлозы превосходят такие ВВ, как тротил. Однако при увлажнении чувствительность их к механическому воздействию сильно снижается. Так, при 10% влажности нитраты целлюлозы детонируют с трудом, а при 20% влажности не детонируют.

Спирто-эфирная смесь применяется в производстве порохов как технологический компонент для перевода пироксилина из стеклообразного состояния в пластичное, что позволяет изготовлять уплотненные пороховые элементы желаемой формы. После получения пороховых элементов спирто–эфирная смесь из них удаляется.

Спирто-эфирная смесь состоит из этилового спирта *(C_2H_5OH)* и этилового эфира *($C_2H_5OC_2H_6$)* в соотношении от 1:1 до 1:2.

Дифениламин ($C_6H_5NHC_6H_5$) применяется в пироксилиновых порохах как стабилизатор химической стойкости.

При хранении пироксилиновых порохов, особенно в условиях повышенной температуры и влажности, пироксилины склонны к химическому саморазложению с образованием продуктов кислого характера (окислы азота, азотная и азотистая кислоты и другие вещества).

Стабилизирующее действие дифениламина сводится к химическому взаимодействию с окислами азота, а также с азотной и азотистой кислотами с образованием стабильных нитрозо- и нитропроизводных.

Дифениламин представляет собой кристаллическое вещество белого цвета. Хорошо растворим в этиловом эфире, этиловом спирте.

При производстве пироксилиновых порохов в их составе оставляют определенное количество гигроскопической влаги, которое практически не изменяется в процессе хранения в герметической укупорке.

Разновидностями пироксилиновых порохов являются артиллерийские пороха и пороха к стрелковому оружию. В качестве артиллерийских (орудийных) порохов применяются (см. рис. 1.29) специальные пороха (малогигроскопические, малоэрозионные, беспламенные, пламегасящие и др.). К стрелковому оружию применяются пористые, флегматизированные и графитованные пороха. Их компонентный состав представлен в таблице 1.8.

Малогигроскопический пироксилиновый порох применяется для комплектации зарядов артиллерийских выстрелов, в которых порох может подвергнуться активному воздействию атмосферной влаги. Понижение гигроскопичности достигается за счет введения в состав пороха динитротолуола, дибутилфталата или других нитросоединений.

Малоэрозионный пироксилиновый порох содержит вещества, снижающие разгарноэрозионное действие пороховых газов на поверхность канала ствола орудия. В состав таких порохов вводят в небольшом количестве (до 3%) противоэрозионные добавки: парафин, церезин, вазелиновое масло и др. Малогигроскопический порох, содержащий динитротолуол и дибутилфталат, в определенной степени также является и малоэрозионным порохом, так как эти компоненты снижают температуру продуктов горения.

Беспламенные пироксилиновые пороха, в отличие от обыкновенных орудийных порохов, содержат небольшое количество (до 5%) пламегасящих веществ - церезин или хлорсодержащие органические соединения.

Пламегасящие добавки препятствуют горению горючих газов в атмосфере кислорода воздуха, образующихся при выстреле, и понижают температуру пороховых газов, что в значительной степени уменьшает пламенность выстрела.

Пламегасящие пироксилиновые пороха в своем составе содержат от 10 до 50% пламегасящих веществ, например, серно–кислого калия (сульфат

калия). При выстреле продукты разложения компонентов пламегасящего пороха препятствуют образованию пламени.

Таблица 1.8

Компонентный состав пироксилиновых порохов

Компоненты	Разновидности порохов и содержание компонентов, %							
	Обыкновенный орудийный	Мало-гигроскопический	Мало-эрозионный	Беспламенный	Пламегасящий	Пористый	Флегматизированный	Графитированный
Пироксилин	93,0-95,0	83,0-85,0	93,0-95,0	85,0-92,0	45,0-50	97,4	95,1	Опыление (графитовка) зерен пороха
Спирто-эфирная смесь	2,0-5,0	1,7-2,2	1,0-2,0	1,0-4,0	1,0-2,0	0,3	1,0	
Дифениламин	1,0	1,0-1,5	1,0	1,1-1,5	0,5-0,7	1,1	1,3	
Динитротолуол	-	10,0	-	-	-	-	-	
Дибутилфталат	-	3,0	-	-	-	-	-	
Вазелиновое масло	-	-	3,0	-	-	-	-	
Канифоль	-	-	-	-	2,0-2,5	-	-	
Церезин	-	-	-	2,0-2,5	-	-	-	
Сульфат калия	-	-	-	1,0	44,0-48,0	-	-	
Камфара	-	-	-	-	-	-	1,5	
Калиевая селитра	-	-	-	-	-	0,1		
Графит	-	-	-	-	-	0,4*	0,2*	
Вода	1,0-2,0	0,5-1,0	0,5-1,0	1,0-1,5	1,0-1,5	1,1	1,1	
Калорийность пороха, *ккал/кг*	780-850	800-850	750-800	-	-	880	900	
*сверх100%								

Пористые пороха представляют собой одноканальные или бесканальные зерна, имеющие сильно развитую пористую структуру по всей толщине зерна. В результате большой поверхности горения и малой толщины горящего свода эти пороха сгорают быстро. Пористые пороха предназначены для короткоствольного оружия (пистолеты, автоматы) и для холостых артиллерийских выстрелов.

Флегматизированные пороха применяются в качестве винтовочного пороха или орудийного для малокалиберной артиллерии с тонким сводом.

Флегматизация позволяет регулировать газоприход при горении метательного заряда. В качестве флегматизатора применяется камфара, которая вводится в порох в виде спиртового раствора. При такой обработке порохового зерна флегматизатор проникает в толщу пороха на глубину до 15% от толщины свода, причем концентрация флегматизатора постепенно уменьшается от наружных слоев внутрь зерна. Скорость

горения таких порохов растет по мере того, как фронт горения перемещается от наружного слоя в глубь зерна.

Графитованные пороха. Все нитроцеллюлозные пороха являются диэлектриками с высоким значением диэлектрической постоянной. При пересыпании зерненых порохов мелких марок на их поверхности могут возникать электрические заряды с разностью потенциалов, составляющей десятки тысяч вольт. Вспышка пороховой пыли может вызвать воспламенение пороховых зерен.

Для устранения электризации зерна пороха покрываются тонким слоем токопроводящего материала. Чаще всего для этой цели используют порошкообразный графит. Кроме устранения явления электризации, графитовка способствует улучшению сыпучести мелких порохов и повышению их плотности.

1.3.2. Баллиститные пороха и баллиститное твердое топливо

Баллиститные пороха – это пороха на основе нитратов целлюлозы, пластифицированных нитроэфирами или их смесями.

В отличие от пироксилиновых порохов из баллиститных порохов растворитель – пластификатор не удаляется в процессе производства, а остается в пороховых элементах в том же количестве, в каком вводился при дозировке компонентов.

Основу баллиститных порохов составляют нитроцеллюлоза и неудаляемый (труднолетучий) растворитель, поэтому их иногда называют двухосновными. Обычный состав баллиститных порохов включает (табл. 1.9) 50–60 % коллоксилина; 25–40 % труднолетучего растворителя; стабилизаторы химической стойкости; охлаждающие добавки и дополнительные пластификаторы; технологические добавки и гигроскопическую влагу.

Коллоксилин (нитрат целлюлозы с содержанием азота менее 12,1 %) как и пироксилин является энергетической и структурно–механической основой пороха. Это основной компонент, обуславливающий энергетические характеристики, формирующий структуру и физико-механические свойства пороха.

Труднолетучие растворители-пластификаторы (нитроглицерин, нитродигликоль, нитроксилитан либо их смеси) переводят коллоксилин в пластичное состояние, благодаря чему создается возможность уплотнять пороховую массу и формовать из нее пороховые элементы. Кроме того, они являются энергетическими добавками и вместе с коллоксилином обуславливают энергетические характеристики порохов.

Труднолетучие растворители-пластификаторы являются сложными эфирами многоатомных спиртов и азотной кислоты. Эти вещества обладают недостаточной термодинамической (химической) устойчивостью и способны к медленному самопроизвольному разложению с выделением

тепла. Все растворители–пластификаторы являются жидкими взрывчатыми веществами, очень чувствительными к внешним механическим воздействиям.

Таблица 1.9

Компонентный состав баллиститных порохов и ракетных топлив

Компоненты	Разновидности порохов (ракетного топлива) и содержание компонентов, %						
	Артиллерийский порох			Мино-метный	Ракетное топливо		
	НДТ	ДГ	НДГ	НБ	НМФ	РСИ	РАМ
Коллоксилин	56,0	62,0	59,5-60,0	58,5	57,0-59,0	56.0-59,5	51,0
Нитроглицерин	25,0-28,0	-	11,0-19,5	40,0	26,0	25,0-26,5	33,0
Нитродигликоль	-	31,3-34,8	17,0-25,0	-	-	-	-
Централит №1	3,0	2,2-4,0	3,0	1,0			1,5
Динитротолуол	9,0	-	-	-	8,0-11,7	9,1-11,3	2,5
Дибутилфталат	3,0-6,0	0,0-2,7	-	-	1,7-3,0	-	-
Окись магния	-			-	2,3-3,0		-
Мел						0,9-1,3	
Алюминий-магниевый сплав							10,0
Вазелиновое масло	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0-1,2	0,8
Дифениламин						3,0	1,0
Вода	0,5*	0,5*	0,5*	0,5*	0,5*	0,5*	0,5*
Калорийность пороха, *ккал/кг*	710-820	710-820	880-925	1000	880	850	1245
*сверх 100%							

Стабилизаторы химической стойкости снижают скорость химического разложения коллоксилина и труднолетучего растворителя-пластификатора, чем увеличивают срок служебной пригодности порохов. В качестве стабилизатора в баллиститном порохе используются централит №1 и №2. Это твердые кристаллические вещества белого цвета с температурой плавления 80°С. Важнейшим их свойством является способность взаимодействовать с продуктами разложения с образованием нейтральных стабильных продуктов.

Как и дифениламин в пироксилиновых порохах, централит №1 и централит №2 связывают продукты разложения пороха, предотвращают ускорение процесса разложения компонентов.

Дополнительные пластификаторы и регуляторы энергетики (динитротолуол, дибутилфталат) в баллиститных порохах выполняют роль охлаждающих добавок и дополнительных пластификаторов коллоксилина. Введение их в различных количествах позволяет изменять значения

теплоты и температуры горения порохов для метательных зарядов артиллерийских выстрелов.

Технологические добавки (вазелин, вазелиновое масло) применяются с целью облегчения процесса изготовления пороха путем снижения внутреннего и внешнего трения при формовании пороховых элементов. Эти вещества играют роль смазки.

Влага является неизбежным элементом пороха, так как порох обладает определенной гигроскопичностью, удалить которую полностью нельзя и нецелесообразно с точки зрения стабильности свойств пороха в процессе эксплуатации метательных зарядов.

Баллиститное ракетное твердое топливо (БРТТ) применяется в качестве источника энергии в РДТ'Г основного и вспомогательного назначения.

Количественный состав компонентов топлива определяется его назначением (табл. 1.9). Условия горения зарядов БРТТ существенно отличаются от условий сгорания метательных зарядов. Основное отличие — сравнительно низкий уровень давления в камере сгорания РДТТ (2...20 МПа). При таких давлениях и высоких скоростях газового потока вдоль поверхности заряда БРТТ возможны случаи неустойчивого горения.

Для устранения этих явлений в состав твердых топлив вводятся специальные добавки – катализаторы скорости горения (окись свинца – PbO, карбонат свинца – $PbCO_3$ и др.); стабилизаторы процесса горения (окись магния – MgO, мел – $CaCO_3$, двуокись титана – TiO_2 и др.).

Введение в состав БРТТ твердых веществ минерального происхождения (катализаторов скорости и стабилизаторов процесса горения) значительно повышает жесткость пороховой массы, т. е. ухудшает ее технологические свойства.

Поэтому в составе БРТТ увеличивают содержание ***технологических добавок*** (вазелина, стеарата цинка – $(C_{17}H_{35}COO)_2Zn$, графита).

Во многих составах БРТТ содержится динитротолуол и дибутилфталат, но в этом случае они выполняют функции дополнительных пластификаторов, улучшающих технологичность топливной массы.

1.3.3. Свойства и применение нитроцеллюлозных порохов и твердых топлив

Нитроцеллюлозные пороха представляют собой многокомпонентные системы, находящиеся в твердом агрегатном состоянии и обладающие различными внешними признаками. По внешнему виду пороха напоминают столярный клей (рис. 1.30).

Цвет пороха в зависимости от состава изменяется от светло – жёлтого до темно – коричневого и зелёного. В тонких пластинах прозрачен. Порох очень прочен и не перетирается в пыль при перевозках.

НЦ порох гигроскопичен, при увлажнении его баллистические свойства снижаются. После сушки увлажненного пироксилинового пороха его свойства восстанавливаются, а подмоченный баллиститные порох теряет свои свойства.

Воспламеняемость НЦ порохов зависит от их природы. Хорошо загораются кордитные пороха с повышенным содержанием нитроглицерина, хуже загораются пироксилиновые пороха, поэтому для надежного воспламенения метательного заряда необходимо применять дополнительные воспламенители из дымного пороха). Важнейшим свойством этих НЦ порохов является способность гореть параллельными слоями. Изменяя состав пороха и его форму можно регулировать скорость горения и быстроту газообразования. Пороха дают мало твердых остатков при горении, поэтому они малодымные (однако в составе пороховых газов имеется угарный газ, поэтому при стрельбе из боевого отделения танка, САУ, БМП необходимо принимать меры для своевременного удаления газов).



Рис. 1.30. Внешний вид нитроцеллюлозных порохов

НЦ пороха обладают высокой чувствительностью, но при правильном обращении безопасны.

Нитроцеллюлозные пороха имеет меньшую химическую стойкость, чем бризантные и инициирующие взрывчатые вещества и дымный порох, так как компоненты порохов обладают недостаточной термодинамической стойкостью. Хранение пороха в негерметичной укупорке, длительное нахождение на солнце или под дождем при нарушенной укупорке может настолько изменить свойства пороха, что станут возможными высокие давления в канале ствола, раздутия или разрывы стволов, большое рассеивание при стрельбе, недолёты снарядов. Более стабильны пироксилиновые пороха, чем баллиститные.

Баллиститные пороха имеют ряд преимуществ по сравнению с пироксилиновыми. Баллистиные пороха на 20–30% дешевле

пироксилиновых и продолжительность технологического цикла их изготовления значительно меньше за счет отсутствия операции удаления растворителя – пластификатора (процесс производства баллиститного нитроглицеринового пороха длится 6 – 7 часов, а пироксилинового пороха – около 10 дней). При производстве баллиститных порохов есть возможность изготовлять пороховые элементы с большей толщиной горящего свода и с более широкими пределами изменения энергетических характеристик.

Недостатком баллиститных порохов является большая опасность в производстве, обусловленная наличием в их составе мощного взрывчатого вещества — нитроглицерина, очень чувствительного к внешним воздействиям.

НЦ пороха имеют значительно более высокие по сравнению с дымным порохом энергетические и баллистические характеристики (табл.1.2).

Нитроглицериновые пороха применяются для изготовления метательных зарядов к артиллерийским, минометным и гранатометным выстрелам, а также патронам стрелкового оружия. Для изготовления минометных зарядов и зарядов ракетных двигателей применяются высококалорийные пороха.

В общем случае метательный заряд артиллерийской системы является одним из основных элементов артиллерийского выстрела и состоит из определенного количества (массы) пороха. Навеска пороха служит источником энергии для метания снарядов и мин. Масса пороха для каждого типа снарядов определяется путем баллистического расчета из условий обеспечения заданной начальной скорости снаряда и окончательно уточняется в ходе опытной отработки зарядов.

В метательных зарядах широко применяются пироксилиновые пороха (рис. 1.31) в виде зерен с одним или несколькими каналами, а также одноканальных трубок. Баллиститные орудийные пороха (рис. 1.32) имеют форму трубок с одним каналом. Минометные баллиститные пороха готовят в виде пластинок, лент или колец.

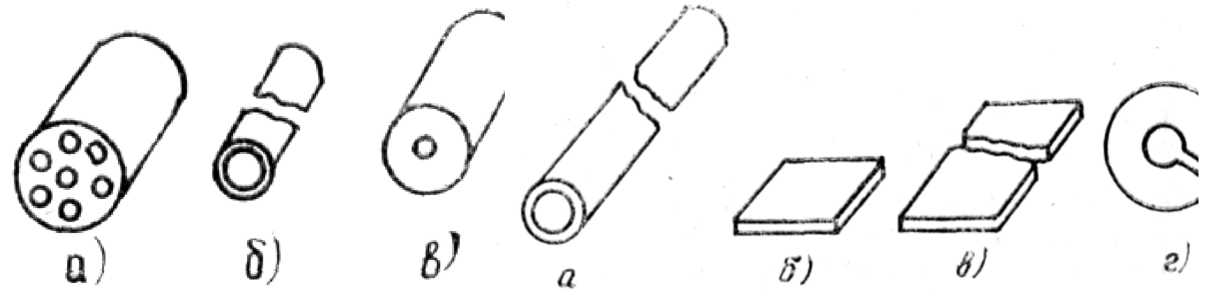


Рис. 1.31. Формы пироксилиновых порохов:
а – семиканальное зерно;
б – одноканальное зерно; в – трубка.

Рис. 1.32. Формы баллиститных порохов:
а – трубка; б – пластинка; в – лента; г – кольцо

Навеска пороха в заряде может быть комбинированной, т.е. состоящей из двух и более марок порохов.

Заряды из твердого ракетного топлива готовят в виде толстосводных цилиндрических шашек, шашек со звездообразным каналом и других форм.

При необходимости часть поверхности заряда (торцы, наружная и внутренняя поверхности) покрываются бронировкой с целью обеспечения определенного закона газообразования. Бронепокрытие является в основном негорючим материалом. В качестве бронепокрытий используются различные составы на основе полимеров этил – и ацетилцеллюлозы, нитролинолеум и др.

Рассмотрим наиболее часто применяемые формы ракетных зарядов.

Заряд торцового горения (рис. 1.33) представляет собой цилиндрическую шашку без канала, забронированную по всей поверхности, за исключением торца, обращенного к соплу. Отличается простотой устройства и высоким значением коэффициента заполнения.

Основным недостатком такого заряда является незначительная величина поверхности горения, которая при существующих скоростях горения пороха не позволяет получить большие значения тяги РДТТ. Поэтому применяется в основном в маршевых двигателях ПТУР и в пороховых аккумуляторах.

Заряды трубчатой формы (рис. 1.34) являются наиболее распространенными. Заряд может состоять из нескольких шишек трубчатой формы. При бронировании шашки с торцов обеспечивается постоянство поверхности горения, а, следовательно и тяги. Если забронирована наружная поверхность, то поверхность горения прогрессивно возрастает. При отсутствии бронепокрытия заряд обеспечивает незначительное уменьшение горящей поверхности в процессе горения.

Достоинствами таких зарядов являются: простота изготовления корпуса, большая величина горящей поверхности, постоянство поверхности горения, а следовательно и тяги. Недостатком является сравнительно невысокий коэффициент заполнения камеры сгорания топливом.

Цилиндрические заряды с фигурным каналом (рис. 1.35) обычно бронируются по наружной поверхности. Большое распространение нашли заряды со звездообразным каналом. В зависимости от величины угла в вершине луча заряд может обеспечивать прогрессивную, дегрессивную и постоянную поверхность горения во время работы двигателя.

Такие заряды хорошо защищают стенки камеры двигателя от воздействия высоконагретых продуктов горения в течение всего времени работы двигателя, характеризуются высоким значение коэффициента

заполнения камеры сгорания РДТТ. К недостаткам следует отнести сложность контроля на наличие внутренних дефектов и склонность к растрескиванию в процессе хранения.

Щелевой заряд (рис. 1.36) представляет собой бронированную по наружной поверхности цилиндрическую шашку с центральным каналом и продольными щелями.

Горение происходит со стороны канала торцов и щелей. Подбирая длину и количество щелей, можно получить почти постоянное значение поверхности горения в течение всего режима работы двигателя. Достоинством такого заряда являются: высокое значение коэффициента заполнения двигателя топливом, большая толщина горящего свода, защита стенок камеры от воздействия продуктов горения. Применяется в крупногабаритных РДТТ.

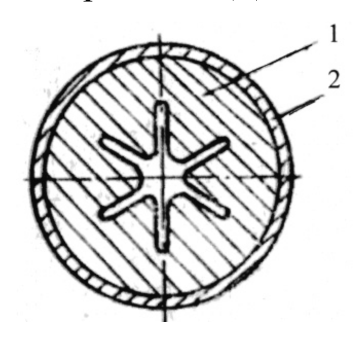


Рис. 1.35. Заряд с звездообразным каналом:
1 – ракетное твердое топливо;
2 – бронепокрытие.

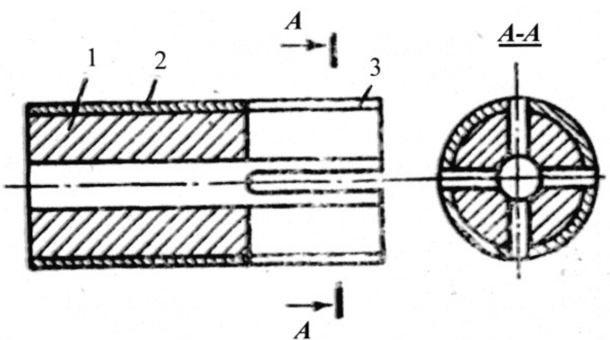


Рис. 1.36. Щелевой заряд:
1 – ракетное твердое топливо;
2 – бронепокрытие; 3 -щели

1.4. УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ ПОРОХОВ И РАКЕТНЫХ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ

Условное обозначение присваивается для отличия различных видов порохов (РТТ) и удобства в обращении с ними. В общем случае условное обозначение нитроцеллюлозных порохов включает сведения о природе, составе пороха и качестве исходных материалов; данные о форме и размерах пороховых элементов; обозначение партии пороха.

Сведения о природе, составе пороха и качестве исходных материалов пироксилинового пороха обозначается лишь в случае отличия от обыкновенного пироксилинового пороха либо по составу, либо по технологии изготовления. Отсутствие в марке пороха таких сведений указывает на то, что это обыкновенный пироксилиновый порох.

Условное обозначение состава пироксилиновых порохов имеет вид: СВ – порох изготовлен из свежего пироксилина; Пер – порох, полученный переделкой старых порохов; МГ, МГЖ – малогигроскопический; Фл – порох, подвергнутый флегматизации с поверхностных слоев.

Условное обозначение состава баллиститных порохов всегда включает несколько букв, которые отражают природу труднолетучего растворителя, например: нитроглицериновый (Н), нитродигликолевый (ДГ), нитроглицериновый порох, содержащий в составе дибутилфталат и динитротолуол (НДТ-3), нитродигликолевый порох, содержащий в составе динитротолуол (ДГТ), нитроксилитановый (КС-3). Цифры, стоящие в условном обозначении состава, указывают группу теплоты горения пороха (группу калорийности пороха), значения которой показаны в таблице 1.10.

Таблица 1.10

Значения групп порохов по теплоте горения

Группы пороха по калорийности	1	2	3	4	5	6
Теплота горения, ккал/кг	650	710	750	820	880	925

Условное обозначение формы и размеров порохов состоит из нескольких букв, которые характеризуют форму, и цифр, которые выражают размеры пороховых элементов.

Форма зерненных пироксилиновых порохов не имеет индексов, и условное обозначение таких порохов производится в виде дроби (4/1, 7/1, 7/7, 9/7), где числитель обозначает толщину горящего свода в десятых долях миллиметра, а знаменатель – число каналов. Дробь ставится в начале условного обозначения. Исключение составляют зернёные одноканальные винтовочные пороха для стрелкового оружия (ВТ).

Для обозначения трубчатых пироксилиновых порохов добавляются буквы Тр (18/1 Тр). При обозначении трубчатых баллиститных порохов буквы Тр не ставятся, так как эти пороха в виде зерен цилиндрической формы не изготавливаются.

Форма пластинчатых порохов обозначается буквами Пл и двумя цифрами: первое число характеризует толщину горящего свода (толщину пластинки) в сотых долях миллиметра, а второе — ширину пластинки в десятых долях миллиметра (НБ Пл 12-10).

Ленточная форма пороха обозначается буквой Л и числом, показывающим толщину горящего свода (толщиной ленты) в сотых долях миллиметра (НБл 35).

Пороха кольцевой формы обозначают буквой К и тремя числами. Числитель дроби обозначает внутренний диаметр, а знаменатель - наружный диаметр, выраженные в миллиметрах. Третье число обозначает толщину горящего свода в сотых долях миллиметра (К 25/55 – 10).

Условное обозначение партии пороха состоит из дроби и букв (цифр). Числитель обозначает номер партии, знаменатель – год изготовления, буква (цифра) – шифр завода-изготовителя. Например 4/80К обозначает, что партия пороха №4 изготовлена в 1980 году на заводе-изготовителе К.

Примеры полного обозначения порохов:

– 14/7 св 5/79М – пироксилиновый зерненный порох из свежего пироксилина, семиканальный с толщиной горящего свода 1,4 мм, пятая партия, изготовленная в 1979 г. на заводе М.
– 22/1тр 5/88А – пироксилиновый трубчатый порох, одноканальный с толщиной горящего свода 2,2 мм, пятая партия, изготовленная в 1988 г. на заводе А.
– ДГ–3 18/12/58М – нитродигликолевый баллиститный трубчатый порох третьей группы теплоты горения с толщиной горящего свода 1,8 мм, вторая партия, изготовленная в 1958 г. на заводе М.
– НБПл 14–10 5/79Б – нитроглицериновый баллиститный пластинчатый порох с толщиной пластины 0,14 мм и шириной 1,0 мм, пятая партия, изготовлена в 1979 г. на заводе Б.

Условное обозначение ***баллиститных твердых топлив*** может включать следующие символы: индексы, характеризующие природу топлива; цифры, стоящие после группы буквенных обозначений; группа цифровых индексов; условное обозначение партии топлива.

Индексы, характеризующие природу топлива, содержание компонентов, придающих топливу специфические свойства и принадлежность к ракетным топливам, записываются в начале маркировки с помощью букв.

При этом буквы в марке топлива обозначают следующее: ракетное баллиститное топливо (Р); топливо на нитроглицерине (Н); топливо на смеси нитроглицерина и нитродигликоля (НД);
катализатор скорости горения - окись свинца (С), алюминий – магниевого сплав (АМ); стабилизатор процесса горения – двуокись титана (Т), окись магния (М), известняк (И); технологическая добавка – графит (Г).

Цифры, стоящие после группы буквенных обозначений, как правило, указывают порядковый номер рецептуры в серии подобных ей. Стоящая вместе с цифрами буква «К» обозначает, что данная рецептура подвергалась незначительной корректировке (РСИ – 12к; РСТ- 4к; НМФ-3 к; НДП-3к).

Группа цифровых индексов, обозначающих размеры шашек (45/8 – 450): в числителе дроби – наружный диаметр шашки, в знаменателе – диаметр канала, через тире – длина шашки (все размеры в мм).

В некоторых случаях (главным образом при маркировке крупногабаритных зарядов) размеры шашек в маркировке могут не проставляться. В этом случае вслед за обозначением природы пороха (рецептуры) ставятся индексы, обозначающие условный шифр ракетной системы. Например: НМФ-3 – 4Л3, где 4Л3 означает, что заряд предназначен для ракеты 3Р9.

Условное обозначение партии топлива ставится под горизонтальной чертой и состоит из дроби и букв (цифр). Числитель обозначает номер

партии, знаменатель – год изготовления, буква (цифра) – шифр завода-изготовителя.

Пример полного обозначения твердого топлива: РСТ – 4к 45/8 – 450 4/73Д ракетное баллиститное твердое топливо с добавкой катализатора скорости горения (окиси свинца *PbO*) и стабилизатора горения (двуокиси титана TiO_2), откорректированной рецептуры №4, с диаметром шашки топлива 45 мм, диаметром канала 8 мм, длиной шашки 450 мм, четвертая партия, изготовленной в 1973 г. на заводе Д.

Условное обозначение смесевых твердых топлив не имеет однообразного толкования. Чаще всего первая группа буквенных индексов обозначает природу топлива, содержание в нем специальных компонентов, например: полиуретановое топливо (П); тиокольное топливо (Т); топливо с добавкой металлического горючего – порошка алюминия (А); топливо с добавкой катализатора скорости горения – фтористого лития (Л); топливо с добавкой замедлителя скорости горения – флегматизатора (Ф). Цифры после этих обозначений чаще всего отражают процентное содержание компонентов. Например: ПАЛ – 18/7 – полиуретановое смесевое твердое топливо, содержащие 18% полиэфирной смолы П–9, 7% алюминия в виде порошка, и в топливо введен катализатор горения – фтористый литий. Топливо ТФА имеет в своем составе горюче-связующий тиокольный каучук (Т), флегматизатор - замедлитель скорости горения - сажу (Ф), порошок алюминия (А).

2. ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ВЗРЫВА

2.1.1. Параметры и формы взрывчатого превращения

Взрыв (или взрывчатое превращение), в широком смысле слова, представляет собой процесс чрезвычайно быстрого изменения физического или химического состояния системы, сопровождающийся переходом ее потенциальной энергии в работу. Работа, совершаемая при взрыве, обусловлена быстрым расширением газов и паров, независимо от того, существовали ли они до или образовались во время взрыва.

Определяющим признаком взрыва является резкий скачок давления в среде, окружающей место взрыва. Это является основной причиной разрушительного действия взрыва.

Взрывы могут быть вызваны различными физическими и химическими явлениями. Взрывы, основанные на физических явлениях, находят весьма ограниченное применение и являются главным образом предметом специальных научных исследований.

Химическим взрывом (или просто взрывом) называется очень быстрое химическое превращение вещества, сопровождающееся выделением тепла и образованием сильно нагретых и сжатых газов и паров, способных при

расширении совершать механическую работу разрушения или перемещения среды.

Взрывчатые вещества представляют собой относительно неустойчивые в термодинамическом отношении системы, способные под влиянием внешних воздействий к быстрым экзотермическим превращениям, сопровождаемым образованием сильно нагретых паров и газов.

Примером взрыва может служить химическое превращение органического вещества (гексогена) в газообразные продукты и последующее расширение нагретых газов и паров – продуктов взрыва:

$$C_8H_6O_6N_6 \rightarrow 3\times CO + 3\times H_2O + 3\times N_2 + 1230\ \text{кДж}/\text{моль}$$

Взрывчатое превращение веществ характеризуется тремя показателями: экзотермичностью процесса (выделением тепла); скоростью распространения процесса (кратковременность) и образованием газообразных продуктов.

<u>Экзотермичность</u> процесса взрыва является первым необходимым условием, без которого невозможно возникновение и проявление взрыва.

За счет тепловой энергии реакции происходит разогрев газообразных продуктов до температуры в несколько тысяч градусов, их сильное сжатие в объеме взрывчатого вещества и последующее активное расширение.

Количество тепла, выделяющееся при взрыве 1 кг ВВ, называется теплотой взрыва. Для современных ВВ теплота взрыва изменяется в пределах от 3750 до 7550 кДж/кг.

Выделяющееся при взрыве тепло создает температурные условия, обеспечивающие надлежащую быстроту взрывной реакции (Как известно из общей химии, повышение температуры участвующих в реакции компонентов на 10° ускоряет ход реакции в два-четыре раза. Отсюда можно заключить, какова скорость реакции взрыва, протекающего при температуре 2000-2400°С.).

Однако условие экзотермичности является необходимым, но недостаточным для протекания реакции в форме взрыва. Так, известен целый ряд реакций, протекающих с выделением тепла, но не являющихся взрывчатыми. Примером может служить термитная реакция:

$$2\times Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + 2\times Fe + 830\ \text{кДж}/\text{моль}$$

Так как при этой реакции не образуются газообразные вещества, то и работа не совершается, происходит только горение вещества.

<u>Большая скорость распространения процесса</u> взрыва является одним из характерных признаков взрыва, резко отличающим его от обычных химических реакций.

Переход исходного ВВ к конечным продуктам взрыва происходит в течение $10^{-5}\dots10^{-6}$с, а скорость распространения взрыва по массе вещества составляет 7000…9000 м/с.

Скорость распространения взрыва не зависит от внешних условий, так как любое внешнее воздействие совершается со скоростью, значительно меньшей, чем скорость взрыва, а поэтому не успевает повлиять на его протекание.

Взрывчатое превращение может протекать с постоянной или переменной скоростями.

Скорость взрывчатого превращения является важнейшей характеристикой, определяющей скорость выделения энергии и как следствие – эффективность действия, то есть мощность взрыва.

О мощности ВВ можно получить представление хотя бы по тому, что даже такое слабое ВВ, как дымный порох, способно при взрыве 1 кг произвести работу в 25 млн. лошадиных сил. А мощность взрыва 1 кг гексогена составляет 570 млн. кВт (в 31 раз мощнее; 1кВт=1,36 л.с.).

Интересный факт: сама по себе энергия взрывчатого вещества невелика. При взрыве 1 кг тротила выделяется в 8 раз меньше энергии, чем при сгорании 1 кг угля, но эта энергия при взрыве выделяется в десятки миллионов раз быстрее, чем при обычных процессах горения.

Образование большого количества газообразных и парообразных продуктов реакции обеспечивает создание в локальном объеме высокого давления и обусловленного им разрушительного эффекта.

Вследствие нагревания до высокой температуры (*3500 – 4000К*) продукты взрыва оказываются в чрезвычайно сжатом состоянии (давление при взрыве достигает ($20…40)*10^3$*МПа*) и способны разрушить очень прочные преграды. В процессе расширения продуктов взрыва осуществляется быстрый переход потенциальной химической энергии ВВ в механическую работу или в кинетическую энергию движущихся частиц.

Следовательно, для увеличения разрушительного действия разрывных зарядов боеприпасов следует использовать такие ВВ, при взрывчатом превращении которых образуется наибольшее количество газов и паров.

При взрыве 1 кг штатных ВВ образуется от *0,75 до 0,95* $м^3$ газов и паров (для сравнения: при сгорании 1 литра смеси бензина с воздухом образуется 32 литра газов, а при сгорании 1 литра пироксилинового пороха выделяется 1440 литров газов).

Итак, только одновременное сочетание трех основных факторов (экзотермичности, высокой скорости процесса и газообразования), представляющих собой взрывчато-энергетические характеристики, обеспечивает явление взрыва.

Характер взрыва определяется прежде всего скоростью протекания процесса и зависит от вида взрывчатого вещества и от условий, в которых происходит взрыв.

В зависимости от скорости процесса различают три формы взрывчатого превращения***:*** горение (быстрое сгорание); собственно взрыв и детонацию.

Быстрым сгоранием взрывчатого вещества обычно называют процесс, скорость распространения которого по массе ВВ не превышает нескольких метров в секунду, а иногда - даже долей метра в секунду. Характер действия в этом случае - более или менее быстрое нарастание давления газов и производство ими работы разбрасывания или метания окружающих тел. Если процесс быстрого сгорания происходит на открытом воздухе, то он не сопровождается сколько-нибудь значительным эффектом.

Примером такой формы взрывчатого разложения может служить сгорание на открытом воздухе бездымного пороха.

Пороха (особенно бездымные) в закрытом объеме, например в патроннике ружья, разлагаются более энергично, чем на открытом воздухе, причем горение в этом случае сопровождается резким звуком. Это - типичная форма взрывчатого разложения ВВ в форме быстрого сгорания.

Собственно взрыв, называемый иногда обыкновенным взрывом или взрывом второго рода, - это процесс, который может протекать с переменной скоростью, но значительно большей, чем в первом случае, в среднем со скоростью сотен метров в секунду.

Взрывчатые вещества, разлагающиеся в этой форме, характеризуют резкий подъем давления в месте взрыва, удар газов по окружающей среде или производство работы: раскалывание и дробление преграды на небольших расстояниях от места взрыва.

Примером этой формы взрывчатого разложения может служить вызванный лучом огня взрыв прессованного пироксилина в оболочке, протекающий со скоростью нескольких сотен метров в секунду.

Детонацией, или взрывом первого рода, называют процесс, который распространяется по массе вещества с максимальной скоростью, измеряемой обычно тысячами метров в секунду. Например, скорость детонации прессованного тротилового заряда составляет около 6700м/с.

Характер действия при детонации - особенно резкий скачок давления и удар газов, сопровождающийся сильнейшим разрушительным эффектом. Здесь налицо не раскалывание, а дробление преграды на мельчайшие куски.

При детонации разложение ВВ происходит настолько быстро (за время от 10^{-6} до 10^{-7} с), что газообразные продукты разложения с температурой в несколько тысяч градусов оказываются сжатыми в объёме, близком к начальному объёму заряда. Резко расширяясь, они являются основным первичным фактором разрушительного действия взрыва.

В сущности обыкновенный взрыв можно рассматривать как неразвившуюся детонацию и, наоборот, детонацию нужно считать высшей формой взрыва.

Сравнивая формы превращения порохов, РТТ и ВВ, можно заметить, что горение и взрыв имеют общие и отличительные признаки.

При определенных условиях горение может переходить во взрыв, а взрыв вырождаться в горение. Эти переходы крайне нежелательны, поскольку переход горения во взрыв приводит к катастрофам, а переход взрыва в горение – к отказу действия боеприпасов у цели.

2.1.2. Реакция взрыва, состав и расчет параметров продуктов взрыва

Применение взрывчатых веществ в военном деле основано на их использовании в качестве источника энергии, которая содержится в ВВ в скрытой форме.

Превращение одного вещества в другое происходит в результате изменения молекул. Атомы, входящие в состав молекул, в ходе химического процесса взрывчатого превращения перестраиваются, соединяясь по-новому. В результате появляются новые молекулы и вещество изменяется, причём постройка молекул сопровождается выделением или поглощением энергии.

Таким образом, с химической точки зрения взрыв заряда ВВ- это самораспространяющаяся химическая экзотермическая реакция, протекающая с образованием сильно нагретых газообразных продуктов, которые расширяясь и производят разрушительную работу взрыва.

Для оценки возможного разрушительного действия взрыва необходимо знать количество и состав продуктов взрыва, который зависит от состава исходного ВВ и условий протекания реакции взрывчатого превращения.

Состав продуктов взрыва и определяющий его характер взрывчатого превращения очень сильно зависит от содержания окислительных элементов (кислорода) во взрывчатом веществе. Это объясняется тем, что взрыв есть процесс окислительно-восстановительный, протекающий за счет собственного кислорода ВВ. Поэтому окисление горючих элементов взрывчатого вещества при различном содержании кислорода может быть полным или неполным. В результате будут изменяться состав продуктов взрыва, удельный объём газов и паров, теплота взрыва.

Содержание кислорода во взрывчатых веществах оценивается по величине кислородного баланса (КБ).

Большинство ВВ состоят из углерода, водорода, кислорода и азота. Углерод и водород являются горючими элементами, кислород - окислителем горючих элементов. Азот в составе ВВ связывает кислород, а в продуктах взрыва выделяется в свободном состоянии.

Кислородный баланс - это выраженная в процентах разность между количеством кислорода, содержащимся во взрывчатом веществе, и его количеством, необходимым для полного окисления горючих элементов: углерода до CO_2, водорода до H_2O. Кислородный баланс ($\boldsymbol{\alpha}$) характеризует

истинное соотношение горючих элементов и кислорода и является характеристикой степени насыщенности молекулы ВВ кислородом.

Для вычисления кислородного баланса пользуются следующей зависимостью $\alpha = \frac{16 \cdot (n_0 - n_1)}{M} \cdot 100$, где: $\boldsymbol{\alpha}$ - кислородный баланс; 16 - атомная масса кислорода; М – молекулярная масса ВВ; n_o - число атомов кислорода в молекуле ВВ; n_1 - необходимое число атомов кислорода для полного окисления углерода и водорода.

Однако этой зависимостью удобно пользоваться для определения КБ индивидуальных (простых) ВВ. Для сложных смесей ВВ, если их состав выражен условной формулой 1 кг смеси в виде $C_aH_bO_cN_d$, где *a, b, c, d* – количество грамм-атомов соответствующих элементов в 1 кг смеси, кислородный баланс выражается зависимостью $\alpha = \frac{16 \cdot (c_0 - c_1)}{1000} \cdot 100$, где $c_1 = 2a + \frac{b}{2}$ - количество грамм-атомов кислорода, необходимое для полного окисления углерода и водорода.

В зависимости от величины кислородного баланса взрывчатые вещества принято делить на три группы:

Взрывчатые вещества с положительным и нулевым кислородным балансом, для которых $\alpha \geq 0$ и $c_1 \geq 2a + b/2$. В этих ВВ кислорода достаточно для полного окисления горючих элементов. К таким веществам относятся *нитроглицерин* $C_3H_5(ONO_2)_3$ *, нитродигликоль* $C_2H_4\ (ONO_2)_2$ *и др.*

Взрывчатые вещества с отрицательным кислородным балансом, то есть с количеством кислорода недостаточным для полного окисления горючих элементов, но достаточным для превращения углерода в газообразные продукты. Для этих ВВ $\alpha \prec 0$ и $2 \times a + \frac{b}{2} \succ a + \frac{b}{2}$. К веществам этой группы относятся гексоген $C_3H_6O_6N_6$, тэн $C(CH_2ONO_2)_4$ и др.

Взрывчатые вещества с существенно отрицательным кислородным балансом, то есть с количеством кислорода, недостаточным для окисления углерода, в результате чего в продуктах взрыва образуется свободный углерод в виде сажыстых частиц. К таким взрывчатых веществам относятся тротил $C_6H_2(NO_2)_3\ CH_3$, тетрил $C_6H_2(NO_2)_3\ NN\ O_2CH_3$ и др. Признаком ВВ этой группы является неравенство $a + \frac{b}{2} \succ c$.

Существует несколько методов расчета состава продуктов взрыва. Наиболее простым является расчет на основе реакций взрыва с учетом величины кислородного баланса ВВ, то есть группы взрывчатого вещества по кислородному балансу (метод последовательного окисления).

Для написания уравнений реакций взрыва необходимо знать химическую формулу исходного вещества по кислородному балансу.

Для взрывчатого вещества с положительным кислородным балансом реакция взрывчатого превращения записывается в виде уравнения:

$$C_aH_bO_cN_d \rightarrow a\times CO_2 + \frac{b}{2}\times H_2O + 1/2\times[c-(2a+\frac{b}{2})]\times O_2 + \frac{d}{2}\times N_2.$$

Например для нитроглицерина *$C_3H_5(ONO_2)_3$* уравнение записывается в виде:

$$C_3H_5O_9N_3 \rightarrow 3\times CO_2 + 2,5\times H_2O + 0,25\times O_2 + 1,5\times N_2.$$

Для вещества этой группы весь углерод окисляется до CO_2, водород до H_2O, часть кислорода и азот выделяются в свободном виде. При кислородном балансе равном нулю (α=0) свободный кислород в продуктах взрыва отсутствует.

Для написания приближенного уравнения взрыва взрывчатого вещества с отрицательным кислородным балансом пользуются правилом последовательного окисления.

На первой стадии кислород расходуется на окисление углерода до CO и водорода H_2O. На второй стадии оставшийся кислород окисляет часть CO до CO_2. Суммарно это выражается уравнением:

$$C_aH_bO_cN_d \rightarrow \frac{b}{2}\times H_2O + [c-(a+\frac{b}{2})]\times CO_2 + \{a-[c-(a+\frac{b}{2})]\}\times CO + \frac{d}{2}\times N_2.$$

Например для ТЭНа $C(CH_2ONO_2)_4$ уравнение записывается в виде:

$$C_5H_8O_{12}N_4 \xrightarrow{I} 5CO + 4H_2O + 1,5O_2 + 2N_2 \xrightarrow{II} 4H_2O + 3CO_2 + 2CO + 2N_2$$

Написание уравнений взрыва взрывчатых веществ с существенно отрицательным кислородным балансом, приводят в предположении, что сначала кислород окисляет водород до воды, затем оставшаяся часть кислорода реагирует с углеродом, образуя CO, а остаток углерода выделяется в свободном виде:

$$C_aH_bO_cN_d \rightarrow \frac{b}{2}\times H_2O + (c-\frac{b}{2})\times CO + \left[a-(c-\frac{b}{2})\right]\times C + \frac{d}{2}\times N_2$$

Примером может служить превращение тротила $C_6H_2(NO_2)_3\ CH_3$:

$$C_7H_5O_6N_3 \xrightarrow{I} 2,5H_2O + 7C + 1,75O_2 + 1,5N_2 \xrightarrow{II} 2,5H_2O + 3,5CO + 3,5C + 1,5N_2$$

Приведенные уравнения реакций являются приближенными, так как между продуктами взрыва при высоких температурах всегда протекают вторичные реакции, которые могут существенно менять состав продуктов взрыва, получающийся описанным методом. Для повышения точности

расчетов необходимо учитывать вторичные реакции, для чего существуют специальные методы.

Однако во многих случаях приближенный метод расчета состава продуктов взрыва дает вполне удовлетворительные результаты, например при расчёте теплоты взрыва, температуры взрыва и удельного объема продуктов взрыва.

Теплотой взрыва называется количество тепла, которое выделяется при взрыве 1 килограмма взрывчатого вещества. Теплота взрыва является важнейшей характеристикой взрывчатого вещества. Она определяет работоспособность мощность. Чем больше теплота взрыва, тем больше работоспособность, мощность и разрушительное действие взрывчатого вещества.

Расчет величины теплоты взрыва можно сделать теоретически по уравнению взрывчатого превращения на основе использования закона Гесса.

Опытное определение теплоты взрыва производится в калометрической бомбе Бихля, представляющей собой прочный стальной цилиндр с крышкой (объемом 10,2 л).

Испытуемое взрывчатое вещество (10 – 50 г) помещается в бомбу. Бомба продувается азотом и устанавливается в водяной калориметр. После этого производится подрыв заряда ВВ электрическим способом и передача тепла калориметру. После взрыва заряда ВВ продуктам дают охладиться в течение 20 – 30 мин и измеряют давление и температуру. Зная объемы бомб, вычисляют по формулам объем сухих газов и теплоту взрыва.

Важнейшими параметрами продуктов взрыва являются температура взрыва и удельный объем продуктов взрыва.

Под температурой взрыва понимают ту максимальную температуру, до которой оказываются нагретыми продукты взрывчатого превращения в момент взрыва. Эта температура достигается в короткий промежуток времени (10^{-6}-10^{-7}с), а затем столь же быстро падает. Поэтому чрезвычайно трудно создать приборы для непосредственного измерения температуры взрыва.

Температура взрыва может быть вычислена на основании уравнения взрывчатого превращения, учитывая состав продуктов взрыва.

Удельный объем продуктов взрыва представляет собой объем газов и парообразных продуктов взрыва в кубических метрах, образующихся при взрыве одного килограмма взрывчатого вещества, приведенного к нормальным условиям. Удельный объем продуктов взрыва рассчитывается на основании уравнения взрывчатого превращения с использованием закона Авогадро, а также может быть определен также экспериментально.

Чем выше температура и больше удельный объем продуктов взрыва, тем более высокое давление создается в месте взрыва и, следовательно, будет более сильным разрушительный эффект.

2.1.3. Явление детонации взрывчатого вещества

Основные положения теории детонации были сформулированы в 1889 году русским физиком В.А.Михельсоном. Дальнейшее развитие теория детонации нашла в трудах советских учёных Ландау Л. Д., Зельдовича Я.Б., Станюковича К.П. и др.

Детонация – это самораспространяющийся процесс чрезвычайно быстрого химического превращения вещества.

Рассмотрим, при каких условиях возможна детонация ВВ. Опыт показывает, что, если поджечь шашку тротила на открытом воздухе, то она горит сильно коптящим пламенем, но не взрывается. В этом случае процесс горения идет очень медленно, так как тепло от слоя к слою взрывчатого вещества передается со скоростью, зависящей только от теплопроводности тротила.

Чтобы возможна была детонация, необходимо найти такой способ передачи тепла от слоя к слою, который протекал бы со скоростью тысяч метров в секунду. Таким процессом может служить передача энергии взрывной или ударной волной.

Суть процесса состоит в следующем: если очень резко ударить по шашке тротила бойком или быстродвижущимися газами, то есть - продуктами взрыва другого взрывчатого вещества, то поверхностный слой шашки сильно сожмется и от сжатия нагреется до высокой температуры. В этом слое произойдет химическая реакция (а повышение температуры участвующих в реакции компонентов на 10° ускоряет ход реакции в два-четыре раза). Благодаря высокой температуре и давлению, скорость реакции будет очень большой, поэтому и давление образовавшихся при реакции газов будет очень высоким, а их действие - подобно резкому удару. Под давлением газов сожмется следующий слой, в котором также быстро произойдет реакция и так далее. Повторяющийся процесс следующих один за другим явлений - удар, сжатие, нагрев, взрывчатое превращение - все это и составляет сущность действия ударной волны.

Распространяясь по веществу, ударная волна сжимает его в своем фронте до очень высоких давлений (порядка десятков и сотен тысяч атмосфер), и за счет этого выделяется очень большое количество тепла (температура возрастает до 1000–1200К), в результате чего происходит химическая реакция (время возбуждения и завершения реакции составляет 10^{-6} – 10^{-7} с). Выделяющаяся тепловая энергия при этом поддерживает параметры ударной волны на максимально высоком уровне, и она становится стационарной. Такая волна называется детонационной. Детонационная волна в зависимости от индивидуальных свойств вещества может распространяться со скоростью от сотен м/с до нескольких км/с. (Например: скорость распространения детонационной волны в тротиле достигает 8500 м/с).

Таким образом, из существа детонации следует, что вызвать такой процесс можно только очень резким ударом, причем более резким, чем, например удар пули. Для возбуждения детонации некоторых ВВ, малочувствительных к механическим воздействиям, используется взрыв других ВВ - инициаторов взрыва (инициирующих взрывчатых веществ). Средства, наполненные инициирующими взрывчатыми веществами, при помощи которых возбуждается детонация, называются детонаторами**.** Детонатор (капсюль-детонатор) создает в заряде ударную волну.

Скорость распространения детонации по заряду постоянна и максимально возможная для данного взрывчатого вещества. Скорость детонации зависит от вида и состояния взрывчатого вещества, и совершенно не зависит от внешних условий (скорость детонации тротила - 6700 м/с, нитроглицерина – до 8200 м/с).

Величина скорости детонации зависит: от природы взрывчатого вещества; от плотности и геометрических размеров заряда взрывчатого вещества; от наличия и состава примесей.

Природа взрывчатого вещества определяется его характеристиками, в том числе теплотой взрыва. Чем больше теплота взрыва, тем выше скорость детонации в пропорции $D = \sqrt{Q_V}$.

С повышением плотности заряда ВВ увеличивается скорость детонации (табл. 2.1). Это объясняется тем, что при увеличении плотности ВВ уменьшается относительное рассеивание энергии во внешнюю среду, и с меньшей потерей энергии осуществляется переход детонационной волны от слоя к слою.

Таблица 2.1

Расчетные параметры продуктов взрыва

Взрывчатое вещество	Плотность ВВ, кг/м^3		Скорость детонации, ***D,*** м/с
	ρ_0	**ρ_2**	
Тротил	1590	2120	6900
Тротил	1450	1930	6500
Флегматизированный гексоген	1620	2160	8100
Тетрил	1610	2150	7470
ТЭН	1600	2130	7900
ρ_0 - исходное значение плотности; ρ_2, - плотность в области детонационной волны			

С увеличением диаметра заряда (рис. 2.1) скорость детонации растет до определенной величины и при некотором значении диаметра (***$d_{пр}$***) она достигает максимума. При дальнейшем увеличении диаметра скорость остается постоянной. Поэтому такой диаметр называется предельным.

Если диаметр заряда меньше некоторого критического, то детонация невозможна (***$d_{кр}$***). Даже при использовании очень мощного инициирующего импульса детонация затухает. Это объясняется действием боковых волн разгрузки, перехватывающих часть зоны химических реакций в детонационной волне и приводящих к разбросу вещества.

Вследствие этого реакция в зоне химических реакций завершаются не полностью, и детонация не возникает.

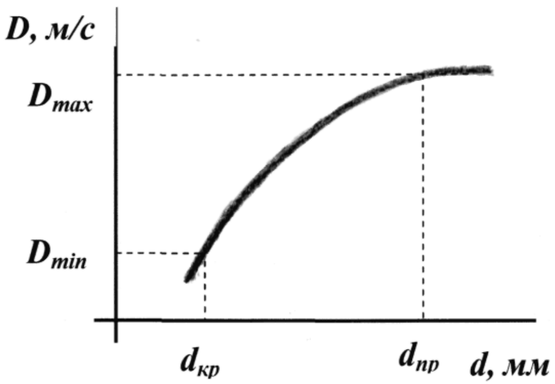


Рис. 2.1. Зависимость скорости детонации от диаметра заряда ВВ

Критический и предельный диаметры зависят от природы ВВ, плотности заряда и массы оболочки (снаряда, головной части). Оболочки, окружающие заряд ВВ, ослабляют действие волн разгрузки и боковой разлет продуктов детонации. Поэтому с увеличением массы оболочки уменьшаются значения величин $\boldsymbol{d_{кр}}$ и $\boldsymbol{d_{пр}}$ и, соответственно величина скорости детонации.

Примеси к ВВ инертных (невзрывчатых) веществ снижают скорость детонации. Они затрудняют передачу детонации от слоя к слою ВВ и берут на себя часть энергии, понижая тепловой эффект взрывчатого превращения.

Металлические примеси хотя и увеличивают теплоту взрыва, но уменьшают скорость детонации. Так, введение в тротил 26% порошкообразного алюминия увеличивает теплоту взрыва на 40% и одновременно снижает скорость детонации на 7%. Это объясняется тем, что взаимодействие алюминия с продуктами взрыва происходит за фронтом ударной волны, а в зоне химических реакций алюминий проявляет себя как инертная смесь.

Величину скорости детонации можно определить экспериментальным (опытным) путем. В настоящее время применяются сравнительный, оптический и хронометрический методы измерения скорости распространения детонации.

По методу Дотриша (сравнительный метод) определение скорости детонации ВВ основано на сравнении её с известной скоростью детонации детонирующего шнура (рис. 2.2).

Заряд испытуемого ВВ длиной 30 – 40 см помещается в трубку, в боковой торец которой устанавливается электродетонатор. К заряду на строго определённом расстоянии (L = 0,2 – 0,3 м) присоединяются концы детонирующего шнура длиной около 1 метра. Середина шнура укладывается на свинцовую пластину и отмечается на ней точкой (точка О*)*. При возбуждении детонации заряда ВВ справа детонация

распространяется по заряду ВВ и по детонирующему шнуру (как показано стрелками).

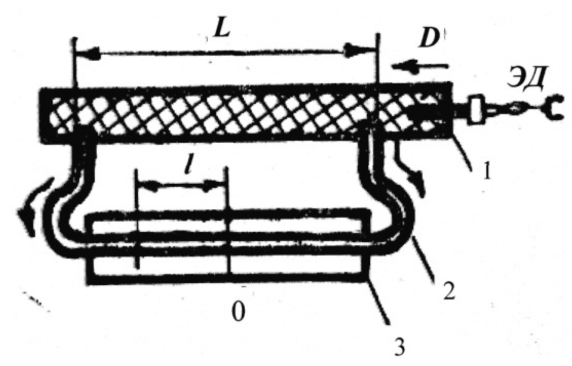


Рис. 2.2. Схема Дотриша
1- заряд ВВ; 2 – детонирующий шнур;
3 – свинцовая платина

Встреча детонационных волн в детонирующем шнуре на свинцовой пластине делает отпечаток, смещённый от середины шнура влево *(l)*. Измерив величину этого смещения рассчитывают скорость детонации заряда ВВ (*Dвв*) по формуле:

$$D_{BB} = D\text{ш}\frac{L}{2l},$$ где *Dш* – известная скорость детонации детонационного шнура.

Точность измерения скорости детонации методом Дотриша составляет 3-5%.

<u>Оптический метод</u> измерения основан на фотографировании изображения светящегося фронта детонационной волны, отклоняющегося вращающимся зеркалом, на светочувствительную пленку скоростного фоторегистра (СФР-2М). На плёнке фотографируется развертка фронта детонационной волны. Скорость детонации рассчитывается по формуле:

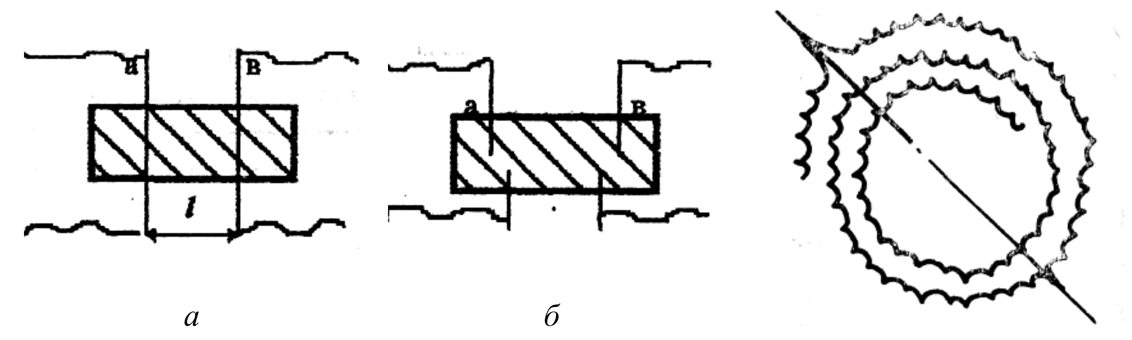
$$D = c\frac{n}{\beta}\cdot \mathrm{tg}\phi\ ,$$

Зная постоянную прибора (*C*), число оборотов зеркала (*n*), коэффициент уменьшения прибора (*β*) и угол отклонения фронта ударной волны *(φ)* на фотоплёнке, рассчитывают величину скорости детонации. Точность оптического метода составляет 1,0 – 1,5%.

<u>Хронометрический метод</u> определения скорости детонации основан на измерении промежутка времени *(τ)* прохождения фронтом детонационной волны участка заряда заданной длины *(l)*. Средняя на данном участке заряда скорость детонации определяется как отношение длины заряда ко времени прохождения (***1/τ***).

База измерения между двумя проволочными датчиками (рис. 2.3) составляет 2 – 3 см. Измерение времени осуществляется с помощью электронного измерителя времени (ИВ–22). Прибор ИВ–22 дает спиральную развертку времени (рис. 2.4), состоящую из пяти витков с метками времени через 0,2 мкс.

При прохождении детонационной волны по заряду взрывчатого вещества, проволочные датчики поочередно замыкают электрические цепи и на развертке появляются два всплеска, как показано на рисунке 2.4. Развертка фотографируется. По фотографии определяется время *(τ)*, и рассчитывается величина скорости детонации. Максимальная ошибка однократного определения скорости детонации не превышает ±2,0%.



а *б*

Рис. 2.3. Фиксирование точек детонации
а – замкнутая цепь; б – разомкнутая цепь

Рис. 2.4. Развертка на ИВ-22

Детонация взрывчатого вещества может произойти не только при непосредственном соприкосновении детонатора и основного взрывчатого вещества, но и на некотором расстоянии. Это явление называется детонацией через влияние. Заряд, возбуждающий детонацию называется активным зарядом, а заряд, в котором детонация возбуждается называется пассивным. Детонация через влияние передается действием продуктов взрыва или ударной волны.

Передача детонации на расстояние оценивается наибольшим предельным расстоянием, которое зависит от многих факторов и рассчитывается по формулам.

Расстояния передачи детонации довольно значительные, поэтому по требованиям взрывобезопасности, на базах и складах определяют безопасные расстояния между хранилищами с боеприпасами (от 100 до 400 м). Исходя из величины расстояния планируют размещение боеприпасов и ВВ на хранение, определяют предельную загрузку каждого хранилища боеприпасами и их элементами.

2.1.4. Чувствительность взрывчатых веществ

Взрывчатое превращение ВВ можно вызвать в результате некоторого внешнего воздействия, которое называется начальным импульсом.

Для возбуждения взрыва могут использоваться различные виды энергии: тепловая (луч пламени, нагрев), механическая (удар, трение, накол остриём жала), электрическая (накаливание проволочного мостика, искровой разряд, электрический разряд через мостик) и энергия взрыва другого ВВ.

Соответственно начальными импульсами могут быть: тепловой, механический, электрический и взрывной. Опыт показывает, что для

возбуждения взрыва одних взрывчатых веществ требуются менее интенсивные, а для других более интенсивные начальные импульсы. Следовательно, ВВ различаются по чувствительности к внешним воздействиям.

Чувствительностью называется способность вещества к взрывчатому превращению под влиянием внешних воздействий. Чувствительность вещества характеризуется минимальной величиной начального импульса, необходимого для возбуждения взрывчатого превращения. Чем меньше по величине начальный импульс, необходимый для возбуждения взрыва, тем чувствительнее ВВ.

По форме внешнего проявления различают две разновидности теплового импульса - это беспламенный нагрев и нагрев открытым пламенем (лучом пламени).

Возбуждение взрывчатого превращения беспламенным нагревом представляется как самовоспламенение при медленном прогреве всей массы ВВ до некоторой температуры, которая называется температурой вспышки.

Температура вспышки – это та минимальная температура, при которой теплоприход становится больше теплоотвода, и химическая реакция, вследствие ее ускорения и самоускорения, принимает характер взрывчатого превращения.

Самоускоряющийся рост температуры доводит превращение до таких больших скоростей, при которых его называют взрывом. Одновременно в каждой точке объёма взрывчатое вещество из твердого состояния переходит в газообразное состояние за 10^{-2} –10^{-5} доли секунды. Возбуждение взрыва нагревом осуществляется в механизмах пневматического типа.

Воздействие лучом пламени вызывает начало химической реакции ВВ на ограниченной площади поверхности ВВ. При этом возбуждение взрывчатого превращения происходит не во всей массе одновременно, а только в месте интенсивного прогрева. Однако распространение взрывчатого превращения от слоя к слою вглубь массы ВВ происходит так быстро, что до разрушения массы ВВ на куски наступает его превращение из твердого состояния в газообразное.

Механический импульс может проявляться в виде удара, трения и в виде накола острием жала.

В основе возбуждения взрывчатого превращения ударным импульсом лежит процесс разогрева вещества за счёт сжатия газов; разогрева при трении между поверхностями, ограничивающими заряд; трения между кристалликами самого ВВ и нагревания ударника. При возбуждении взрыва наколом процессы аналогичны, но большую весомость в разогреве ВВ имеет прямое разрушение молекул ВВ в месте его контакта с жалом

ударника. В основе возбуждения взрыва трением лежит нагрев ВВ за счёт разрушения его молекул в слое трения.

При возбуждении взрыва электрическим импульсом происходит накапливание тепловой энергии при накаливании током тонкой металлической проволоки. Электрический начальный импульс применяется в различных электрозапальных устройствах.

Возбуждение взрывчатого превращения взрывом другого вещества происходит за счёт высоких температур и давления, создаваемым первичным ВВ. В этом случае инициирующий заряд называется детонатором, а процесс взрывания – детонированием. Взрывной импульс применяется для возбуждения взрывчатого превращения разрывных зарядов снарядов.

Чувствительность является одной из основных характеристик ВВ, определяющих возможность их практического применения и безопасность обращения с ними. Поэтому нужно знать качественные данные о чувствительности ВВ для оценки возможности их применения в тех или иных условиях. Чувствительность ВВ определяется экспериментально.

Определение чувствительности ВВ к конкретному виду начального импульса проводится по отдельным методикам и оценивается различными критериями.

Чувствительность ВВ к тепловому импульсу оценивается температурой вспышки. Температура вспышки зависит от массы ВВ, времени нагревания, степени измельчения ВВ и др. факторов, от которых зависят условия теплопередачи. Поэтому температуру вспышки определяют в строго определенных условиях на приборах вспышки (рис. 2.5).

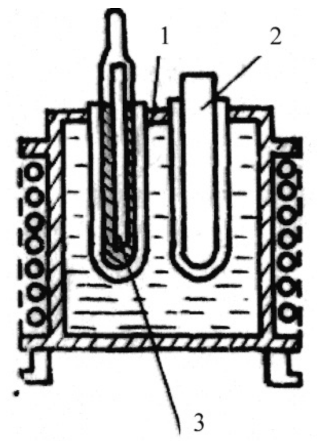


Рис. 2.5. Прибор для определения температуры вспышки:
1 - металлическая баня, наполненная сплавом Вуда; 2 – металлическая гильза; 3 – термометр.

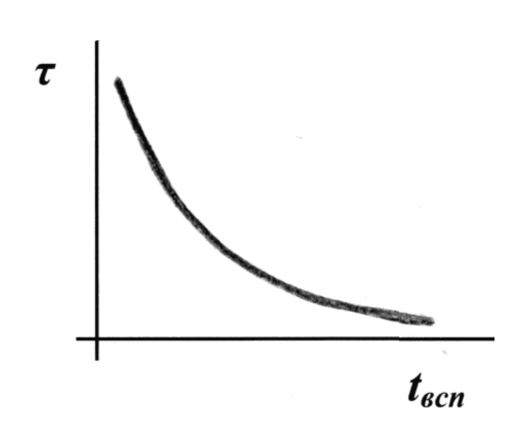


Рис. 2.6. График зависимости времени задержки от температуры вспышки ВВ

Сущность определения заключается в том, что в гильзу электронагревателя помещается взрывчатое вещество массой 0,05 г и по

термометру определяется та температура, при которой вспышка происходит через 5 с. Обычно определяют температуру вспышки при нескольких временах задержки. Затем строят график (рис. 2.6) зависимости времени задержки ***τ*** от температуры ***t*** и по нему определяют температуру, при которой вспышка ВВ массой 0,05 г происходит за время 5 секунд (или 5 минут).

Таким образом, за температуру вспышки принимают ту, при которой вспышка ВВ массой 0,05 г происходит с экспозицией 5 с (5 мин).

Температура вспышки для некоторых инициирующих и бризантных ВВ приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Температура вспышки различных ВВ

Взрывчатое вещество	$t_{всп}$, °C		Взрывчатое вещество	$t_{всп}$, °C	
	τ=5 с	**τ** = 5 мин		**τ** =5 с	**τ** =5мин
Гремучая ртуть	270	210	ТНРС	260	230
ТЭН	225	215	Азид свинца	340	315
Гексоген	260	230	Тротил	475	290

Определение ***чувствительности ВВ к удару*** производится на вертикальном копре К–44–II с помощью так называемого штемпельного приборчика (рис. 2.7). ВВ массой 0,1 г помещают между двумя стальными роликами, которые вставляются в стальную втулку (штемпельный приборчик). На верхний ролик сбрасывают груз, движущийся по вертикальным направляющим. При падении груза наблюдатель фиксирует наличие или отсутствие взрыва (хлопка, дыма, пламени).

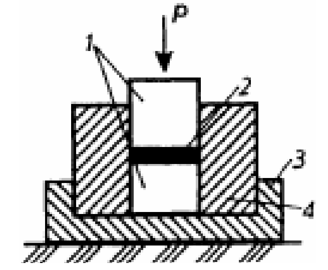


Рис. 2.7. Схема приборчика для копровых испытаний на удар:
1- ролики; 2 - навеска испытуемого ВВ;
3 - поддон; 4 – муфта.

Чувствительность ВВ характеризуется частостью (***r***) взрывов, выражаемых в процентах, в 25 параллельных опытах при падении на штемпельный приборчик груза массой 10 кг с высоты 25 см или максимальной высотой падения груза при отсутствии взрывов в 25 % испытаниях на вертикальном копре.

Для инициирующего ВВ используется прибор К–44–I меньшего размера. Навеска испытуемого ИВВ – 0,012 г. Используют груз массой 0,2 кг ИВВ.

При проведении испытаний строят кривую чувствительности, т.е. зависимость процента взрывов от высоты падения груза, и определяют *верхний и нижний пределы чувствительности.* Верхний предел - это

минимальная высота падения груза, при которой получают 100% взрывов. Нижний предел - это максимальная высота падения груза, при которой не получается ни одного взрыва. Верхний предел служит условной мерой надежности действия, а нижний предел - мерой безопасности при обращении с инициирующими ВВ.

Практически установлено, что в артиллерийских выстрелах можно использовать ВВ с чувствительностью к удару по стандартной пробе не более 24…32%. Для реактивных боеприпасов перегрузки меньше, а поэтому для снаряжения головных частей могут применяться более чувствительные взрывчатые вещества. Опытные данные приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Процент (частость) взрывов из 25 испытаний

Взрывчатое вещество	*r*,%	Взрывчатое вещество	*r*,%
Тротил	4...5	Флегматизированный гексоген	29...32
Тетрил	50	Тэн	100
Гексоген	70...80	Октоген	70...80

Определение ***чувствительности к ударному сдвигу*** производится на приборе марки К-44-III, в который помещен приборчик для копровых испытаний (рис. 2.8). Масса навески испытуемого материала 0,02 г.

Оценку результата производят по максимальной величине давления прижатия ВВ при отсутствии взрывов (нижний предел), при относительном сдвиге образца от удара маятникового груза массой 2 кг по ролику с различных углов.

Рис. 2.8. Схема приборчика для копровых испытаний на ударный сдвиг:

1 – ролики; 2 – навеска испытуемого ВВ; 3 – поддон; 4 – муфта

Определение ***чувствительности к трению*** производится на приборе марки И-6-2 (рис. 2.9), в который помещен приборчик для копровых испытаний.

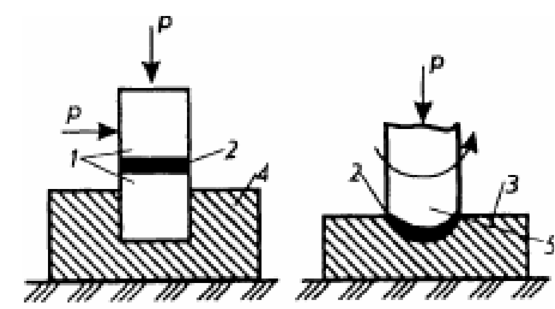


Рис. 2.9. Схема приборчика для копровых испытаний на неударное трение:
1 – ролики; 2 – навеска испытуемого ВВ; 3 – поддон; 4 – муфта; 5 – вращающийся пуансон

Оценку результатов 25 параллельных испытаний (при отсутствии следов взрывчатого разложения) производят по максимальному значению давления прижатия образца (нижний предел), при вращении пуансона с угловой скоростью 54,5 рад/с (520 об/мин) в течение 3 с, если не произошло воспламенения (взрыва) образца ВВ.

Чувствительность ВВ к наколу определяется при помощи воздействия падающего груза на ВВ (рис. 2.10). Испытываемое ВВ помещается внутри специальной сборки. При сбрасыванием груза на жало, происходит накол капсюля-воспламенителя или капсюля-детонатора с зарядом из испытываемого взрывчатого вещества.

Характеристикой чувствительности служит высота падения груза на жало, то есть верхний и нижний предел чувствительности.

Восприимчивость бризантного взрывчатого вещества к взрывному (детонационному) импульсу характеризуется предельным инициирующим зарядом, за который принимается минимальный заряд инициирующего ВВ, надежно обеспечивающий полную детонацию определенного количества бризантного ВВ.

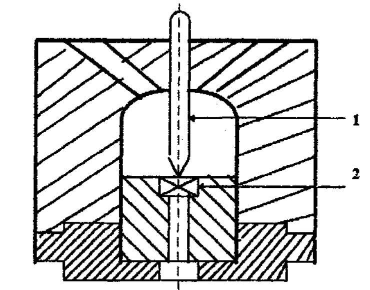


Рис. 2.10. Сборка для испытания ВВ на накол:
1 - жало; 2 – испытываемое ВВ

Сущность определения восприимчивости к детонации заключается в том, что 1 г исследуемого бризантного ВВ запрессовывается в мерную (латунную) гильзу от капсюля – детонатора под давлением 100 МПа. Затем под давлением 50 Мпа запрессовывают инициирующее ВВ. Возбуждают взрыв и фиксируют полноту детонации. Изменяя количество инициирующего ВВ добиваются полной детонации и определяют предельный инициирующий заряд.

Данные таблицы 2.4. свидетельствуют о существенных различиях в восприимчивости к детонации различных бризантных ВВ.

Заметно, что для детонации взрывчатых веществ типа тротил, тетрил, гексоген, тэн необходим заряд гремучей ртути на порядок больше, чем азида свинца.

Таблица 2.4

Предельный инициирующий заряд для детонации бризантных ВВ

Бризантное взрывчатое вещество	Предельный инициирующий заряд, г	
	гремучая ртуть	азид свинца
Тротил	0,36	0,09
Тетрил	0,29	0,025
Гексоген	0,19	0,05
Тэн	0,17	0,01…0,02

Факторы, влияющие на чувствительность ВВ: Чувствительность различных ВВ к начальным импульсам определяется, прежде всего их природой и главным образом, химическим строением вещества.

Зависимость чувствительности от температуры разрывного заряда имеет место для всех ВВ и любой формы начального импульса. Заряды ВВ, имеющие более высокую начальную температуру, проявляют большую чувствительность к внешним воздействиям. Это объясняется тем, что с повышением температуры ослабляется прочность внутримолекулярных связей, существенно возрастает скорость химических реакций и уменьшается количество энергии, необходимой для возбуждения взрывчатого превращения.

Для охлажденных зарядов ВВ наблюдается обратное явление, а для некоторых – ВВ проявляется нечувствительность даже к действию взрыва инициирующих ВВ.

С увеличением плотности заряда ВВ чувствительность ко всем видам начального импульса понижается и, особенно в случае действия взрывного импульса. При увеличении плотности ВВ уменьшается возможность относительного смещения кристаллов и, следовательно, возникновение местных разогревов, приводящих к воспламенению и взрыву.

Примеси в составе ВВ могут, как повышать, так и понижать чувствительность зарядов к внешним воздействиям. Вещества, повышающие чувствительность, называются *сенсибилизаторами*, а понижающие чувствительность называются *флегматизаторами*.

К *сенсибилизаторам* относятся: песок, кварц, битое стекло, железные опилки, металлический порошок, зола, многие минеральные соли. Это вещества с высокой температурой плавления, твердость которых больше твердости частиц ВВ. Они способствуют концентрации энергии удара на острых гранях твердых частиц примесей и являются очагами интенсивного трения, что приводит к образованию при ударе резко повышенных напряжений и местных разогревов. Например, введение в состав тротила 0,25% песка повышает его чувствительность в 5 раз. Явление сенсибилизации ВВ, как правило, не допускается.

Флегматизаторы снижают чувствительность ВВ к тепловым, механическим и взрывным начальным импульсам. Это жидкие и вязкие вещества, которые легко плавятся и имеют меньшую твердость по сравнению с ВВ. К ним относятся: вазелин, парафин, церезин, воск и др. Они обволакивают поверхность кристаллов ВВ и всю поверхность заряда мягкой, эластичной и плавкой пленкой, которая смягчает удар, понижает трение между отдельными частицами. Кроме того, на нагрев и расплавление этих примесей расходуется часть энергии, подводимой при внешнем воздействии на заряд ВВ. Так, добавка в состав гексогена 5% парафина снижает его чувствительность к внешним воздействиям в 5-6 раз. Нитроглицерин, содержащий 25% пористой минеральной породы в

три раза менее чувствителен, чем чистый нитроглицерин. Флегматизаторы одновременно снижают взрывчато-энергетические характеристики, но повышают гигроскопичность и сохраняемость разрывных зарядов.

Влияние структуры заряда ВВ проявляется по-разному. Прессованные заряды ВВ обладают лучшей чувствительностью к разрывному импульсу, чем литые заряды, даже если они одинаковой плотности. Но литые заряды более чувствительны к удару.

Влияние формы и размеров кристаллов на чувствительность в основном проявляется для инициирующих ВВ. Крупные и удлиненные кристаллы некоторых ИВВ, как правило, более чувствительны к механическим воздействиям, чем мелкие и скруглённые.

Кроме того, чувствительность смесевых бризантных ВВ к тепловому импульсу зависит от таких теплофизических характеристик вещества, как теплоёмкость и теплопроводность. Дело в том, что для зарядов ВВ с большей теплоёмкостью необходимо подвести большее количество тепла, чтобы вызвать интенсивное повышение температуры в локальном объеме, воспламенение и взрыв. Высокие значения теплопроводности ВВ могут явиться причиной быстрого распространения тепловой энергии по заряду, а следовательно, при кратковременном воздействии нельзя обеспечить резкое повышение температуры в локальном объеме, воспламенить ВВ и вызвать возбуждение детонации.

Для практики огромное значение имеет зависимость чувствительности от различных внешних факторов. Под влиянием физических факторов чувствительность одного и того же ВВ может резко изменяться в ту или другую сторону.

2.1.5. Действие взрыва на окружающую среду

Сильно сжатые и нагретые продукты детонации, образовавшиеся при взрыве взрывчатого вещества, совершают механическую работу.

Область пространства, в которой проявляется разрушительное действие, называется ***полем взрыва***. Поле взрыва вблизи заряда зависит от его формы и соответствует форме заряда. С увеличением расстояния поле взрыва принимает форму сферы.

Рассмотрим поле взрыва сферического заряда с радиусом r_0 при мгновенном протекании детонационного процесса.

При расширении продуктов детонации в окружающей среде возникает ударная волна. В зависимости от интенсивности действия продуктов детонации и ударной волны рассматриваются три зоны разрушительного действия (рис. 2.11): зона местного действия; зона действия продуктов детонации и ударной волны и зона общего (фугасного) действия.

Зона местного действия представляет собой сферу радиусом (1,5…2,0)* r_0. В этой зоне фронт ударной волны почти совпадает с фронтом расширяющейся области продуктов детонации. Давление во фронте

ударной волны пока ещё невелико, а плотность продуктов детонации на два порядка выше, чем плотность воздуха во фронте ударной волны. Поэтому разрушения определяются действием продуктов взрыва.

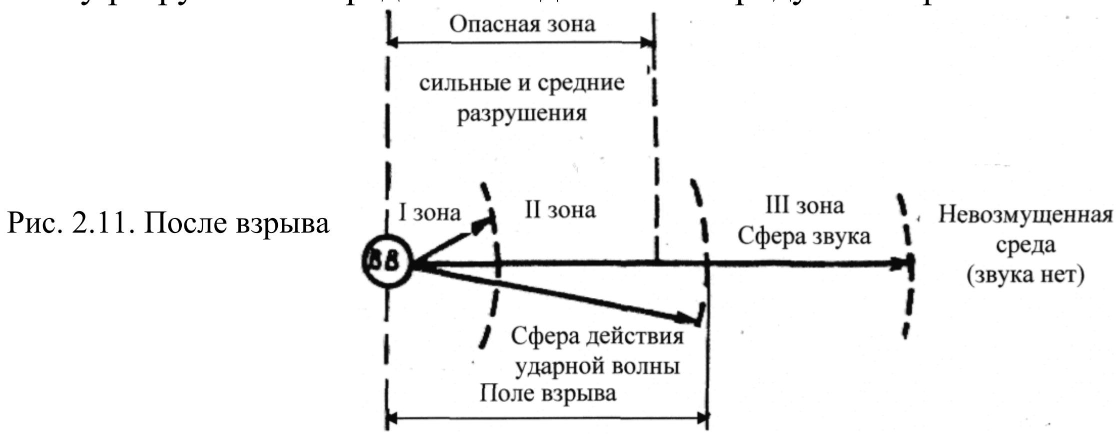


Рис. 2.11. После взрыва

Зона действия продуктов детонации и ударной волны представляет собой часть сферы, все точки которой удалены от центра на расстояние от (1,5…2,0)* r_0 до (5…6)* r_0.

Продукты детонации передают энергию ударной волны, но параметры продуктов детонации уменьшаются быстрее, чем параметры ударной волны. Однако параметры продуктов детонации еще достаточно велики. Ударная волна также обладает достаточной интенсивностью. Поэтому разрушения в этой зоне обусловлены действием как продуктов детонации, так и ударной волны.

Зона общего или фугасного действия занимает пространство, расстояние до точек которого от центра взрыва составляет (5…6)* r_0.

Параметры продуктов детонации и ударной волны значительно снизились. Однако разрушительное действие ударной волны превосходит действие продуктов детонации и является определяющим.

Расширение продуктов детонации заканчивается на предельном расстоянии (10-12)*r_0 от центра взрыва.

При этом давление в продуктах взрыва будет равно атмосферному; За ударной волной появляется зона разряжения.

Таким образом, в зависимости от расстояния разрушения объекта будут изменяться. Это обусловлено бризантным и фугасным действием взрыва.

Бризантное действие взрыва

Бриза́нтность (фр. brisance) — характеристика взрывчатого вещества. Служит мерой его способности к локальному дробящему воздействию на среду, в которой происходит взрыв. Термин имеет происхождение от французского «brise» (разрушение).

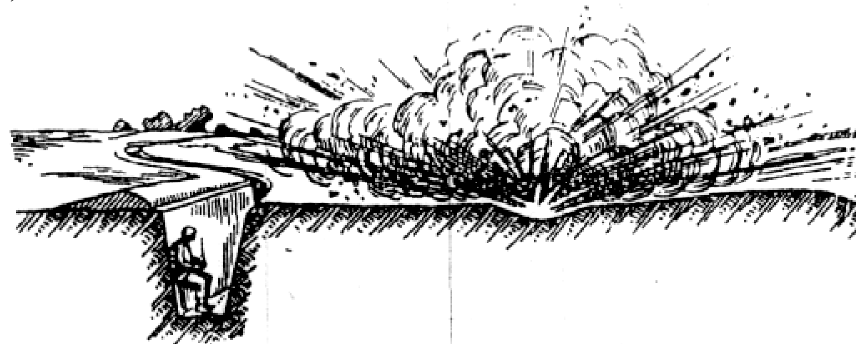
Бризантность зависит от состава взрывчатого вещества, его плотности, физического состояния, степени измельчения. Как правило, бризантность возрастает с увеличением плотности и скорости детонации ВВ.

Бризантное действие вызывает местное разрушение в результате

резкого удара продуктов детонации по прилегающей к заряду среде или близко расположенным объектам.

Бризантное действие проявляется в дроблении, пробивании или весьма сильной деформации объектов. Бризантное действие характерно для осколочных и осколочно – фугасных снарядов и мин и др. видов боеприпасов (рис. 2.12).

Рис. 2.13. Бризантное действие осколочного снаряда



Оно осуществляется лишь вблизи заряда ВВ на расстоянии не более двух радиусов заряда, где параметры продуктов детонации достаточно велики.

Характеристикой бризантного действия является детонационное давление, которое выражается формулой:

$p=\rho_0 \cdot D^2$, где ρ_0 – плотность заряда ВВ; D – скорость детонации.

Отсюда следует, что с увеличением плотности заряда ВВ и скорости детонации бризантное действие возрастает.

Бризантное действие зависит не только от заряда ВВ, но и от характеристики объекта, а именно от соотношения между временем воздействия продуктов детонации на объект и времени прохождения волны деформации по объекту, т.е. времени разрушения объекта.

Практическая оценка бризантности производится в лабораторных или полигонных условиях. В лабораторных условиях наиболее часто используются следующие методы оценки:

- определения удельного импульса взрыва на баллистическом маятнике;
- определение бризантности по обжатию свинцовых цилиндров (проба на обжатие Гесса).

Последний метод в нашей стране используется для промышленных взрывчатых веществ по стандарту ГОСТ 5984-99.

Определение бризантности по обжатию состоит в следующем. Навеску ВВ помещают в бумажный цилиндрический патрон и уплотняют до плотности примерно 1000 кг/м^3. Патрон устанавливают на стальной диск (рис. 2.13) толщиной 10 мм, который закрывает торец свинцового цилиндра диаметром 40 мм и высотой 60 мм. Всю сборку устанавливают на стальной плите.

При подрыве заряда ВВ столбик деформируется. Обмеряя его, находят величину деформации, которая и является величиной бризантности (табл.

2.5). Бризантность традиционно измеряется в миллиметрах.

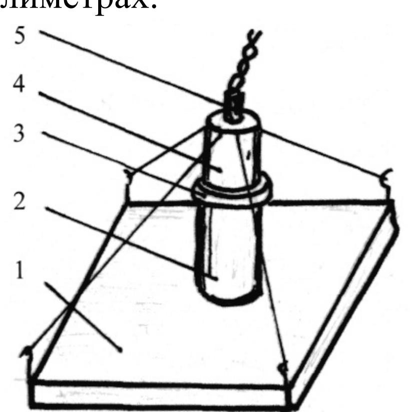


Рис. 2.13. Установка для определения бризантности: 1 – плита-основание; 2 – свинцовый цилиндр; 3 – стальной диск; 4 – патрон с испытуемым ВВ; 5 – электродетонатор.

Величина деформации определяется по формуле:

$$\Delta H = H_0 - H$$

где ΔH – бризантность ВВ; H_0 – начальная высота цилиндра; H – высота деформированного цилиндра.

Этот метод является сравнительным. Поэтому испытания различных зарядов ВВ должны проводиться с соблюдением описанных стандартных условий.

Таблица 2.5

Значения бризантности некоторых ВВ по пробе Гесса

Взрывчатое вещество	ΔH, мм	Примечание
Тротил	16,5	
Тетрил	16	
Тен	16	
Гексоген	18-24	разбивает свинцовый цилиндр
Аммонит скальный	22	

Измерение бризантности взрывчатых веществ с высокой скоростью детонации и малым предельным диаметром детонации (например – гексогена) по обжатию свинцового цилиндра затруднительно из-за разрушения цилиндра.

Для таких ВВ обычно применяют метод измерения обжатия медного цилиндра (кре́шера) в приборе - бризантометре. В качестве стандартного обычно используют заряд прессованного флегматизированного гексогена плотностью 1,65 г/см^3. Известны значения бризантности некоторых ВВ по обжатию медного крешера: гексогена флегматизированного — 4,1 – 4,2 мм; гексогена – 4,8 мм; октогена – 5,4 мм.

Кроме перечисленных применяются и другие способы способов определения бризантности ВВ: оценка дробления оболочки заряда; проба Каста; песчаная проба (sand crash test).

Кумулятивное действие взрыва

1792 году горный инженер Франц фон Баадер (*Franz von Baader*) высказал предположение, что энергию взрыва можно сконцентрировать на

небольшой площади используя полый заряд. Однако, в своих экспериментах фон Баадер использовал чёрный порох который не может взрываться и формировать необходимую детонационную волну.

Впервые продемонстрировать эффект применения полого заряда удалось лишь с изобретением высокобризантных взрывчатых веществ. Это сделал в 1883 году изобретатель Макс фон Фёрстер (*Max von Foerster*).

Повторно открыл кумулятивный эффект, исследовал и подробно описал его в своих работах американец Чарльз Манро (*Charles Edward Munro*) в 1888 году.

Значительный вклад в теорию кумулятивного эффекта внесли русские учёные М. Я. Сухаревский, М. А. Лаврентьев, Е. И. Забабахин, Г. И. Покровский, Ф. А. Баум и другие.

В 1938 году Франц Томанек (*Franz Rudolf Thomanek*) в Германии и Генри Мохоупт (*Henry Hans Mohaupt*) в США независимо друг от друга открыли эффект увеличения пробивной способности путем применения металлической облицовки конуса.

Кумулятивный эффект, кумуляция (от лат. *Cumulo* - накапливаю) - это усиление действия взрыва путем его концентрации в заданном направлении. Кумулятивный эффект достигается применением заряда с кумулятивной выемкой, обращенной в сторону поражаемого объекта.

На характер распределения энергии взрыва в пространстве существенное влияние оказывает форма заряда, место расположения и направление действия детонатора, а также качества оболочки, в которой помещается взрывчатое вещество.

Если в шашке бризантного ВВ образовать выемку в виде воронки конической формы и подорвать эту шашку со стороны, противоположной выемке, то действие взрыва окажется направленным и толщина преграды, пробиваемой взрывом такой шашки, будет значительно больше, чем при взрыве шашки того же веса, но без воронки.

Это явление получило наименование ***направленного взрыва или кумулятивного эффекта***. Оно широко используется в кумулятивных снарядах, минах, в ручных противотанковых гранатах.

При взрыве поток газов и ударная волна распространяются по перпендикуляру к поверхности ВВ (рис. 2.14).

В кумулятивной выемке благодаря её конической форме образуется сходящийся поток концентрирующийся в некотором «фокусе». Вследствие сосредоточения и столкновения струй образуется мощный уплотнённый осевой поток имеющий очень большую скорость, достигающую 12…15 км/с, в то время как со стороны плоских поверхностей шашки ВВ скорость распространения газов не превышает 4…5 км/с.

Фокусное расстояние, на котором достигается наибольшая плотность продуктов взрыва в кумулятивной струе, зависит от формы выемки (геометрии воронки) и свойств ВВ, главным образом от скорости

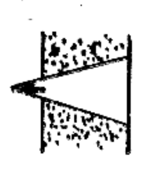
детонации. Чем меньше кривизна кумулятивной выемки и меньше скорость детонации ВВ, тем больше фокусное расстояние.

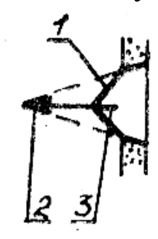
Как правило, размеры кумулятивной струи имеют следующую взаимосвязь с диаметром заряда: $f_{стр} = d_{зар}/2$; $d_{стр} = d_{зар}/5$, где $f_{стр}$ - фокусное расстояние; $d_{стр}$ – диаметр струи; $d_{зар}$- диаметр заряда.

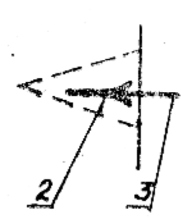
Следовательно, в кумулятивных зарядах происходит перераспределение энергии таким образом, что значительная её часть оказывается в осевом потоке, направленном в сторону преграды. Концентрированный удар газов способен пробивать броню значительной толщины, разрушать бетон и камень.

Представление об энергии кумулятивной струи можно получить из следующего сравнения: 0,5 кг газов, движущихся со скоростью 10000 м/с, имеют такую же энергию, как и снаряд весом 50 кг, движущийся со скоростью 1000 м/с.

Кумулятивное действие проявляется наиболее сильно, если на внутренней поверхности конической выемки поместить тонкий слой металла. Толщина облицовки в зависимости от диаметра заряда варьируется от долей миллиметра до нескольких миллиметров. На рисунке 2.15 показаны последовательные стадии процесса обжатия детонационной волной металлической облицовки конической кумулятивной воронки.







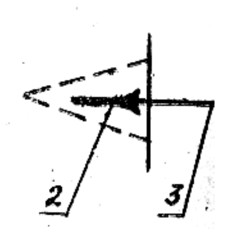


Рис. 2.15. Последовательные стадии формирования кумулятивной струи: 1 – положение фронта детонации; 2 – пест; 3 – струя.

Под действием давления детонационной волны (см. слева - направо) облицовка начинает двигаться к центру, как бы обжимаясь и смыкаясь (происходит т.н. *схлопывание*). После смыкания металл облицовки формирует две зоны — большой по массе (порядка 70 – 90 %) медленно двигающийся «пест» и меньшую по массе (порядка 10 – 30 %) тонкую (порядка толщины облицовки) гиперзвуковую (8 – 10 км/с) металлическую струю, перемещающуюся вдоль оси, образуя иглу.

Давление продуктов взрыва, достигающее приблизительно 10^{10} н/м^2 (10^5 кгс/см^2), значительно превосходит предел прочности металла. Поэтому движение металлической оболочки под действием продуктов взрыва подобно течению жидкой плёнки (подчеркнём, что течение металла не связано с его плавлением - температура кумулятивной струи составляет всего 200 – 600 ºС, а вызвано чрезвычайно высокой механической нагрузкой). Движущийся металл образует сходящийся под определённым углом к оси конуса поток (рис. 2.16), который переходит в тонкую (порядка толщины оболочки) металлическую струю, перемещающуюся

вдоль оси с очень большой скоростью (~ 10 км/с).

Действие этой струи и обуславливает высокую пробивную способность взрыва кумулятивного заряда. Высокоскоростная струя пробивает стальную броню подобно тому, как мощная струя воды проникает в мягкую глину.

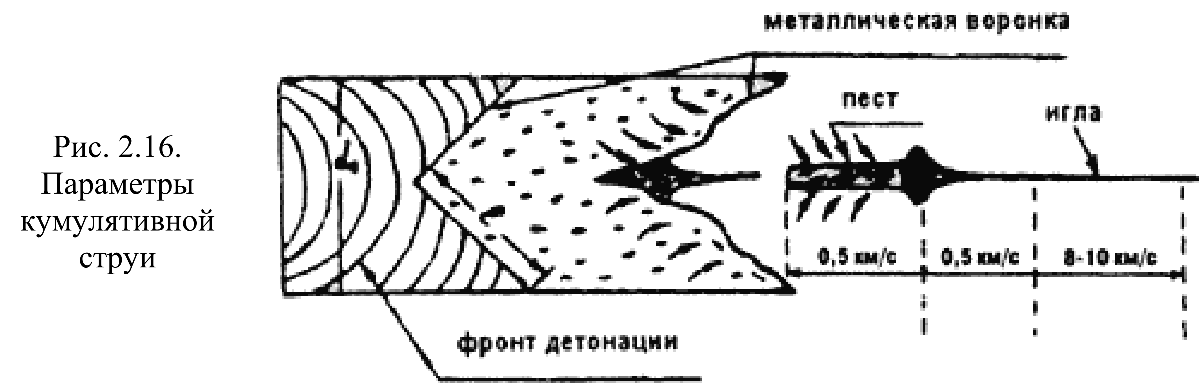


Рис. 2.16. Параметры кумулятивной струи

Так как скорость кумулятивной струи превышает скорость звука в металле, то струя взаимодействует с бронёй по гидродинамическим законам, то есть они ведут себя как при соударении идеальных жидкостей. Прочность брони в её традиционном понимании в этом случае практически не играет роли, а на первое место выходят показатели плотности и толщины бронирования.

Теоретическая пробивная способность кумулятивных снарядов пропорциональна длине кумулятивной струи и квадратному корню отношения плотности облицовки воронки к плотности брони. Практическая глубина проникновения кумулятивной струи в монолитную броню у существующих боеприпасов варьируется в диапазоне от 1,5 до 4 калибров (значительно больше, чем у обычных боеприпасов).

Использование заряда с кумулятивной выемкой, но без металлической облицовки, снижает кумулятивный эффект, так как вместо металлической струи действует струя газообразных продуктов взрыва. Но при этом достигается значительно более разрушительное заброневое действие.

Кумулятивный эффект используется в артиллерийских и реактивных боеприпасах не только для пробивания, но и для инициирования разрывных зарядов обычных ВВ и возбуждения термоядерных цепных реакций. Широкое применение кумулятивные заряды нашли в подрывных работах для пробития больших толщ, прочных сооружений и перерезания толстых металлических листов.

Кумулятивные боеприпасы впервые были применены в боевых условиях 10 мая 1940 г. при штурме форта Эбен-Эмаль (Бельгия). Тогда для подрыва укреплений диверсионным отрядом использовались переносные заряды в виде полусфер весом до 50 кг.

Одним из неприятных сюрпризов лета 1941 года для танкистов РККА стало применение войсками Германии кумулятивных снарядов и гранат.

На подбитых танках обнаруживались пробоины с оплавленными краями, поэтому снаряды получили название «бронепрожигающих». 23 мая 1942 года на Софринском полигоне были проведены испытания снаряда к 76-мм полковой пушке, разработанного НИИ-6 на основе трофейного немецкого снаряда. По результатам испытаний 27 мая 1942 года первый советский кумулятивный снаряд БП-353А принят на вооружение.

В 1950-е годы был достигнут огромный прогресс в понимании принципов формирования кумулятивной струи. Многие из обнаруженных в те далекие годы явлений изучаются до настоящего времени.

Фугасное действие взрыва

Под фугасным действием понимается действие взрыва в форме раскалывания и отбрасывания среды, в которой происходит взрыв, выброса грунта с образованием воронки.

Фугасное действие взрыва определяется работоспособностью ВВ, т.е. работой, которую может совершить данный заряд ВВ, при неограниченном расширении продуктов взрыва в среде. Основное влияние на фугасность оказывает объем газообразных продуктов взрыва.

Фугасное действие взрыва заряда взрывчатого вещества в грунте оценивается объёмом воронки. В каждом конкретном случае объем воронки зависит от свойств ВВ, углубления заряда в грунте и от свойств грунта. Существует наивыгоднейшая величина углубления заряда, при которой происходит наибольшее фугасное действие, т.е. получение воронки максимального объема (рис. 2.17). Разрушительное действие заряда ВВ, заложенного в грунт, характеризуется показателем действия взрыва, $n = r / h$, т.е. отношением радиуса (r) воронки к линии наименьшего сопротивления *(h)*.

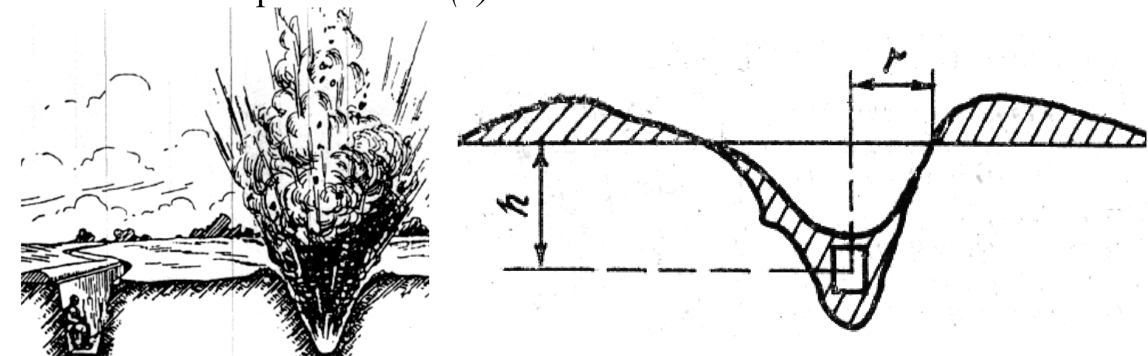


Рис. 2.17. Фугасное действие взрыва снаряда

Для зарядов обеспечивающих выброс грунта – *n* больше единицы, для зарядов рыхления - *n* меньше единицы. Можно считать, что в среднем при взрыве снаряда в грунте выбрасывается 1,0…1,5 м^3 грунта на 1 кг разрывного заряда. В таблице 2.6 приведены характеристики воронок, образованных при стрельбах фугасными артиллерийскими снарядами.

Обычно фугасность определяют и выражают в относительных

единицах по сравнению со стандартными взрывчатыми веществами (как правило, кристаллическим тротилом). Для измеренной таким образом фугасности часто применяют термин – тротиловый эквивалент.

Таблица 2.6

Параметры фугасного действия снарядов

Калибр, мм	Размеры воронки, м		Объем воронки, м		
	Средний грунт		Известняк	Торф с песком	
	глубина	диаметр		летом	зимой
122	0,1…0,8	2,5…4,0	2,6	3,2	1,8
152	1,2…1,8	3,0…5,0	6,0	9,5	3,3
203	2,0…3,5	5,0…7,0	-	-	-

Опытное определение фугасности производится в свинцовой бомбе (метод извесен как проба Трауцля). Этот способ в Российской Федерации используется для промышленных взрывчатых веществ как стандартный по ГОСТ 4546-48.

Испытуемое ВВ массой 10 г помещают в канал толстостенной свинцовой бомбы (бомбы Трауцля) (рис. 2.18 а, б). В углубление патрона вставляют капсюль-детонатор с отрезком огнепроводного шнура или электродетонатором. Подготовленный таким образом заряд ВВ осторожно досылают деревянной палочкой до дна канала бомбы. Оставшееся свободное пространство канала засыпают кварцевым песком без уплотнения. Затем производят взрыв заряда испытуемого ВВ. Канал свинцовой бомбы под действием продуктов взрыва расширяется и принимает грушевидную форму (рис. 2.18 в).

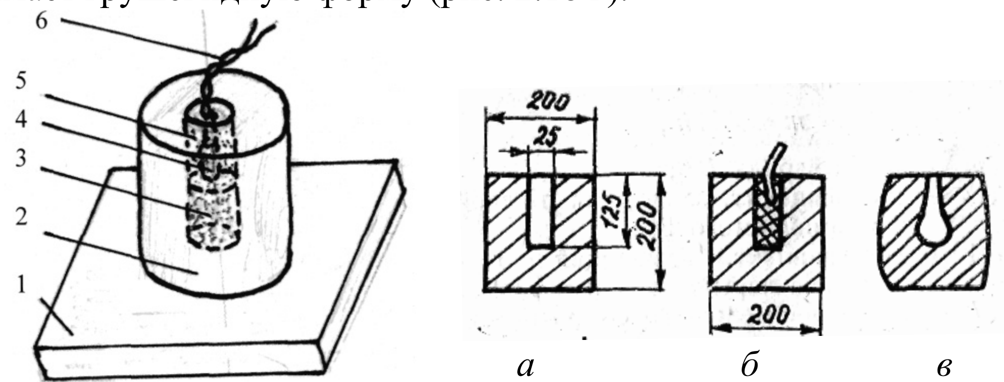


Рис. 2.18. Установка для определения фугасности:
а – до заполнения ВВ; *б* – после заполнения ВВ; *в* – после взрыва.
1 – плита-основание; 2 – свинцовый цилиндр; 3 – заряд ВВ; 4 – детонатор; 5 – песок; 6 – детонирующий шнур

Образующееся расширение канала бомбы замеряют водой при помощи мерного цилиндра ёмкостью 500 см³. Разность между объёмом канала до и после взрыва выражает численное значение фугасности ВВ в мл или см³: $\Delta W = W - W_0$, где W_0 начальный объем канала бомбы, W – объем канала бомбы после взрыва.

Величины фугасности некоторых взрывчатых веществ, определенных экспериментальным путем приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7

Значение фугасности некоторых ВВ

Взрывчатое вещество	Фугасность, см^3	Тротиловый эквивалент
Тротил	285±7	1
Аммонал	400	1,4
Аммонит скальный	450—460	1,6
Гексоген	480	1,7
Нитроглицерин	550	1,9

2.1.6. Классификация взрывчатых веществ

Взрывчатое вещество (или смесь) — твердое или жидкое вещество (или смесь веществ), которое само по себе способно к химической реакции с выделением газов при такой температуре и таком давлении и с такой скоростью, что это вызывает повреждение окружающих предметов.

Взрывчатые вещества отличаются друг от друга составом, природой, взрывчато-энергетическими характеристиками, а также физическими свойствами.

Взрывчатые вещества классифицируются (рис. 2.19) по следующим признакам: по практическому применению; по агрегатному состоянию; по составу и по направлениям применения.

По практическому применению взрывчатые вещества делят на две группы: инициирующие (ИВВ) и бризантные (БВВ).

Инициирующие взрывчатые вещества (ИВВ) применяются для инициирования (возбуждения) взрыва разрывных зарядов из бризантного (БВВ) или процесса горения метательных и твердотопливных ракетных зарядов.

Бризантные взрывчатые вещества (БВВ) применяются для совершения разрушительного действия разрывными зарядами боеприпасов и подрывных средств.

Метательные ВВ (пороха и ракетные топлива) служат источниками энергии для метания тел (снарядов, мин, пуль и т. Д.) или движения ракет.

По агрегатному (физическому) состоянию взрывчатые вещества разделяются на следующие группы: твердые (тротил, гексоген, тэн, и др.); жидкие (нитроглицерин, нитродигликоль и др.); газообразные (смеси водорода и кислорода и др.), гелеобразные и суспензионные.

Большая часть современных промышленных ВВ представляют собой суспензии смесей аммиачной селитры с различными горючими и добавками в воде (акватол, ифзанит, карбатол). Существует огромное число суспензионных взрывчатых составов, в которых либо окислители, либо горючие представляют собой жидкую среду. Применяются для заливки подрывных шпуров в горных отвалах, но большинство таких составов со временем утратили техническую и экономическую целесообразность применения.

В военном деле применяются преимущественно твёрдые (конденсированные) ВВ, которые по физическому состоянию могут быть монолитными (тротил), порошкообразными (гексоген), гранулированными (аммиачно-селитренные взрывчатые вещества), пластичными, а также эластичными.

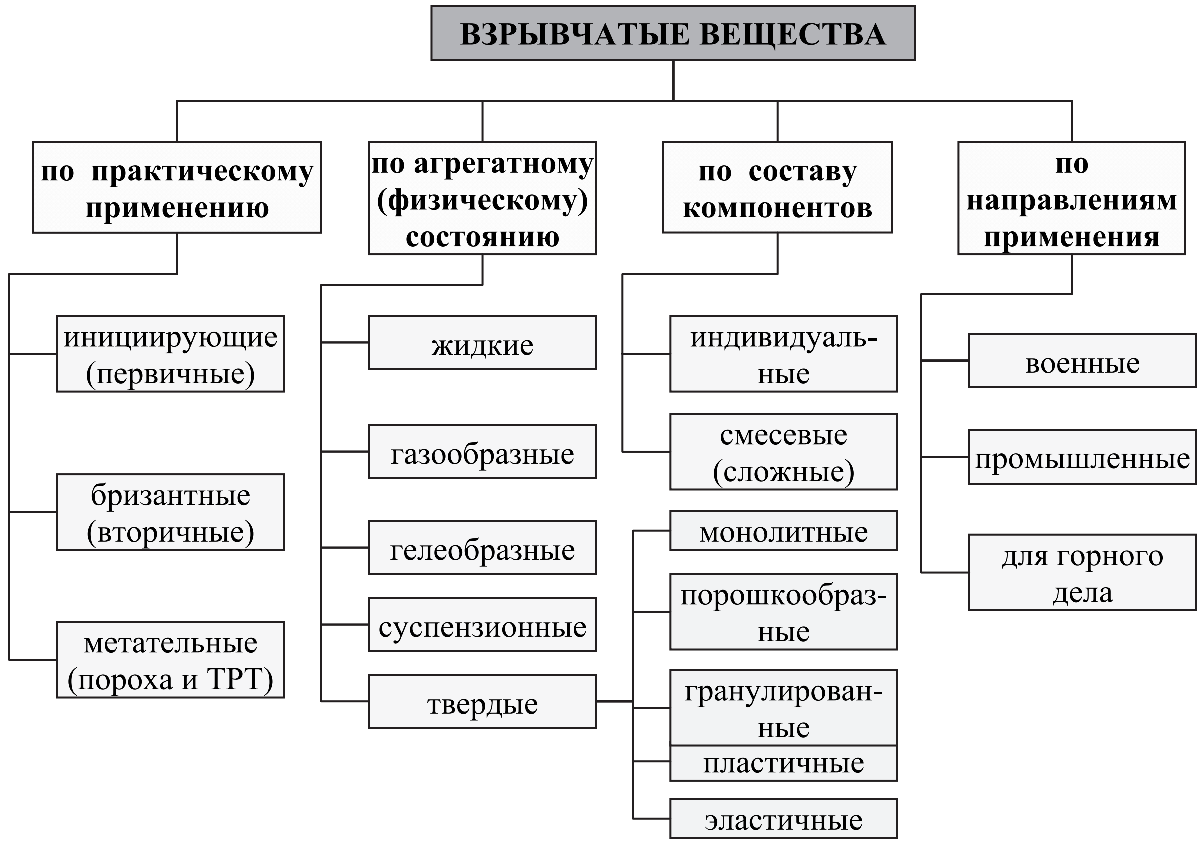


Рис. 2.19. Общая классификация взрывчатых веществ

<u>*По составу*</u> взрывчатые вещества делятся на две группы:

– индивидуальные ВВ, представляющие собой отдельные химические соединения (например гремучая ртуть, тротил и др). Большинство таких соединений представляют собой кислородосодержащие вещества, обладающие свойством полностью или частично окисляться внутри молекулы без доступа воздуха. Существуют соединения, не содержащие кислород, но обладающие свойством взрываться (разлагаться) (азиды, ацетилениды, диазосоединения и др.). Они, как правило, обладают неустойчивой молекулярной структурой, повышенной чувствительностью к внешним воздействиям (трению, удару, нагреву, огню, искре, переходу между фазовыми состояниями, другим химическим веществам) и относятся к веществам с повышенной взрывоопасностью.

– смесевые ВВ, представляющие собой смеси и сплавы взрывчатых и невзрывчатых в отдельности веществ (например, тротил-гексоген; гексоген-парафин; азид свинца-ТНРС и др). Эти ВВ состоят из двух и более химически не связанных между собой веществ. Многие взрывчатые

смеси состоят из индивидуальных веществ, не имеющих взрывчатых свойств (горючих, окислителей и регулирующих добавок).

По направлениям применения ВВ могут быть: военные, промышленные, а также для горного дела (добыча полезных ископаемых, производство стройматериалов, вскрышные работы).

К изделиям из взрывчатых веществ, как очень ответственным элементам боеприпасов, предъявляются очень жесткие ***требования*,** основными из которых являются:

Высокая эффективность действия. Для различных ВВ это требование имеет неодинаковый смысл. Так, для ИВВ оно выражает высокую инициирующую способность, т. е. надежное возбуждение детонации в разрывных зарядах их БВВ, а для БВВ эффективность – это прежде всего высокая мощность, большой разрушительный эффект, обеспечивающий поражающее действие боеприпасов.

Определенная чувствительность к внешним импульсам, обеспечивающая с одной стороны – безопасность при производстве ВВ, снаряжения различных видов боеприпасов и их эксплуатацию, а с другой стороны – надежность возбуждения в них взрыва при боевом применении.

Высокая химическая и физическая стойкость, химическая инертность по отношению к различным материалам, обеспечивающие стабильность взрывчато-энергетических характеристик и других свойств ВВ в процессе эксплуатации боеприпасов.

Удовлетворительные технологические качества, обеспечивающие возможность изготовления различными способами разрывных зарядов высокого качества.

Производственно-экономические требования, которые включают дешевизну и доступность сырья, простота и безопасность производства, невысокую себестоимость готового продукта.

Ряд требований имеет противоречивый характер. Так, повышение эффективности за счет роста взрывчато-энергетических характеристик, как правило сопровождается увеличением чувствительности, а также снижением химической стойкости. Поэтому для удовлетворения всему комплексу требований необходимо находить оптимальное сочетание всех характеристик взрывчатых веществ.

2.2. ИНИЦИИРУЮЩИЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Инициирующими взрывчатыми веществами (ИВВ) *(*от латинского *injicere* - возбуждать) называются взрывчатые вещества, способные под действием начального импульса детонировать и вызывать воспламенение, взрыв или детонацию других ВВ.

Инициирующие взрывчатые вещества характеризуются чрезвычайно высокой чувствительностью к простым видам

начального импульса (удар, трение, сжатие, искра, пламя, нагрев) и способностью детонировать в весьма малых количествах.

Опытным путем установлено, что в тот (рис. 2.20) момент, когда скорость детонации ИВВ достигает максимального значения, скорость детонации бризантных ВВ значительно меньше скорости детонации ИВВ. Позднее, когда скорость детонации БВВ достигает максимальной величины, соотношение энергии изменяется в пользу бризантных ВВ, так как скорость детонации БВВ выше, чем у ИВВ. Ускорение взрывчатого превращения зависит от природы ИВВ, величины начального импульса, плотности заряда и плотности его оболочки.

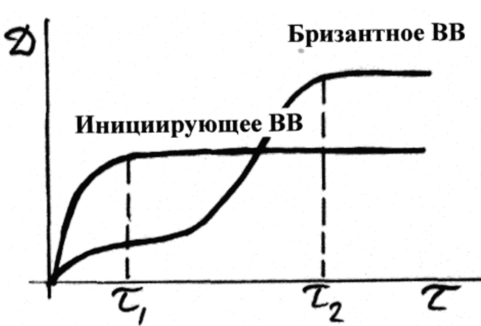


Рис.2.20. Нарастание скорости взрывчатого превращения инициирующих и бризантных ВВ

Поэтому инициирующие ВВ применяются для инициирования (возбуждения) процессов взрыва разрывных зарядов или горения метательных и ракетных зарядов. В соответствии с этим назначением ИВВ часто называют первичными.

Все инициирующие ВВ подразделяются (рис. 2.21) на: индивидуальные (простые) и смесевые инициирующие смеси (сложные).

Индивидуальные ИВВ представлены различными классами неорганических и органических соединений. Из всего многообразия классов лишь немногие получили широкое практическое применение.

К ним относятся: фульминаты (соли гремучей кислоты); азиды (соли азотистоводородной кислоты); стифнаты или тринитрорезорцинаты (соли стифниновой кислоты) и производные тетразена.

Смесевые ИВВ принято различать: по назначению (детонирующие, воспламенительные) и по виду начального импульса (тепловые, накольные, ударные, терочные).

В настоящее время открыты и получены множество ВВ, в различной степени взрывоопасных от внешнего воздействия. Определен перечень свойств инициирующих взрывчатых веществ

(высокая чувствительность, недостаточная мощность для самостоятельного применения, повышенная взрывоопасность.



Рис. 2.21. Классификация инициирующих ВВ

Исходя из свойств инициирующего ВВ определяется область его применения. Инициирующие ВВ применяются для снаряжения капсюлей патронов, капсюльных втулок артиллерийских выстрелов и взрывателей к минам, снарядам и гранатам.

Индивидуальные инициирующие ВВ

В различных видах средств инициирования преимущественно применяются следующие инициирующие ВВ: гремучая ртуть или фульминат ртути $Hg(ONC)_2$; азид свинца $Pb(N_3)_2$; ТНРС (стифнат или тринитрорезорцинат свинца) $CH(HO_2)O_2PЬ$ и тетразен $C_2H_8N_{10}O$.

Гремучая ртуть (табл. 2.8) была получена Говардом в 1799 г. В России Гремучая ртуть стала применяться с 1843 г. для снаряжения капсюлей-воспламенителей, а с 60-х годов — в капсюлях-детонаторах. С появлением капсюлей-воспламенителей резко улучшились тактико-технические свойства стрелкового оружия.

Гремучая ртуть является ртутной солью гремучей кислоты. Она может быть получена при действии этилового спирта на раствор ртути в азотной кислоте.

По внешнему виду гремучая ртуть представляет собой мелкокристаллическое вещество белого или серого цвета.

Таблица 2.8

Общая характеристика индивидуальных инициирующих ВВ

Название ВВ	Исходные продукты	Состояние (вид)	Стойкость	Чувствительность	Применение
Гремучая ртуть (известна и применяется с 1799 г.)	Ртуть, обработанная азотной кислотой, затем этиловым спиртом	Кристаллический порошок белого или серого цвета	Стойка до попадания влаги. При 10% влажности и в малых количествах не взрывается, а горит. С металлами (кроме алюминия) не взаимодействует	Очень чувствительна (даже к трению деревянной палочкой). Температура вспышки 160°С-170°С.	Для снаряжения капсюлей.
Азид свинца (применяется с 1907 г., получен в 1891 г.)	Смесь азида натрия с азотно-кислым свинцом	Порошкообразное вещество белого цвета	Стоек, не гигроскопичен, легко реагирует с медью	Очень чувствителен (не менее гремучей ртути). Температура вспышки 315°С	Для снаряжения капсюлей, заменяет гремучую ртуть
ТНРС Применяется с 1927 г., получен в 1914 г.)	Натриевая соль стифниновой кислоты и азотно-кислый свинец	Порошкообразное вещество желтого цвета	Стоек, с металлами не взаимодействует	Чувствителен к пламени, даёт сильный луч огня, к удару менее чувствителен. Температура вспышки 275°С	В азидо-тетриловых капсюлях-детонаторах для безотказности воспламенения
Тетразен (применяется с 1922 г.)	Аминогуанидинитрат, обработанный азотно-кислым натрием в нейтральном растворе	Мелко-кристаллический порошок желтоватого отлива	Стоек, в воде не растворим, мало гигроскопичен	Чувствителен к удару как гремучая ртуть. Температура вспышки 140°С	В смеси с ТНРС в ударных составах, заменяет гремучую ртуть

Гремучая ртуть негигроскопична, в воде и в обычных органических растворителях не растворяется, с никелем и свинцом не взаимодействует, с медью взаимодействуют с трудом, образуя очень чувствительные к внешним воздействиям соли меди; с алюминием взаимодействует легко, поэтому в алюминиевых оболочках не применяется.

Химическая стойкость гремучей ртути обеспечивает возможность ее практического применения. Крепкие щелочи и минеральные

кислоты разлагают гремучую ртуть, а концентрированная серная кислота вызывает ее взрыв.

Гремучая ртуть очень чувствительна к механическим и тепловым воздействиям. При прессовании и увлажнении чувствительность ее значительно снижается. Запресованная под давлением 500 кг/см^2, она не детонирует от луча огня, а при влажности свыше 30% становится инертным веществом. Поэтому хранят гремучую ртуть в увлажненном состоянии, а при снаряжении капсюлей прессуют. До 1930 г гремучая ртуть применялась самостоятельно. В настоящее время ввиду большой чувствительности применяется только в смесях.

Азид свинца (см.табл. 2.8) впервые получен в 1891 году. Практическое применение получил с 1907 года. В 1928 году профессор А.А.Солонина в Артиллерийской академии С-Петербурга разработал метод его промышленного получения.

Азид свинца является свинцовой солью азотистоводородной кислоты. Исходными веществами для получения этого соединения служат: аммонийная селитра, натрий, газообразный аммиак и азотнокислый свинец.

Это мелкокристаллическое вещество белого цвета. Он мало гигроскопичен и плохо растворяется в воде. Кислоты и едкие щелочи, а также углекислота воздуха и свет разлагают его, поэтому азид свинца хранят в герметически закрытой, непроницаемой для света укупорке.

Важным достоинством азида свинца является его способность не изменять взрывчатых свойств при прессовании и увлажнении. Даже при 30% содержании влаги он не теряет способности к детонации. Азид свинца легко взаимодействует с медью, но с алюминием и никелем не взаимодействует и применяется обычно в алюминиевых оболочках.

Чувствительность к удару у азида свинца в 2…3 раза меньше, чем у гремучей ртути, а инициирующая способность в 5…10 раз больше. Поэтому количество азида свинца для запрессовки в капсюль может быть взято в 7…8 раз меньше, чем гремучей ртути.

К лучу огня азид свинца недостаточно чувствителен.

Азид свинца применяется для снаряжения капсюлей-детонаторов обычно совместно со стифнатом свинца (верхний слой в капсюле), который более чувствителен к лучу огня и не реагирует на действие углекислоты воздуха.

ТНРС (см.табл. 2.8) впервые был получен в 1914 году. В 1927 г. по инициативе того же А. А. Солонины стифнат свинца, до того мало изученный был внедрен в производство. А. А. Солонина предложил применять стифнат свинца в азидных капсюлях-детонаторах для обеспечения безотказного действия их от капсюлей-воспламенителей.

ТНРС (стифнат свинца) является свинцовой солью стифниевой кислоты (тринитрорезорцина).

Исходными продуктами для получения стифната свинца служат: стифниновая кислота-твердое кристаллическое вещество желтого цвета, сода и нитрат свинца.

Это твердое, мелкокристаллическое вещество темно-желтого цвета. Он малогигроскопичен, в воде и органических растворителях не растворяется, с металлами не взаимодействует. Под действием кислоты и солнечного света не разлагается.

ТНРС очень чувствителен к лучу огня. Чувствительность к удару примерно такая же, как у гремучей ртути. Чувствительность к электрическому разряду очень высокая. Инициирующая способность слабая, поэтому самостоятельно не применяется.

Тетразен (см.табл. 2.8). получен в 1910 году, а практическое применение началось с 20-х годов.

Тетразен представляет собой твердый, мелко – кристаллический порошок с желтым оттенком. Получается при обработке аминогуанидинитрата азотно-кислым натрием в нейтральном растворе.

Малогигроскопичен, в воде и органических растворителях почти не растворим, разлагается под действием крепких кислот и щелочей.

Чувствительность к удару тетразена такая же, как и у гремучей ртути. Тетразен химически нестоек, продолжительный нагрев свыше 60° вызывает его медленное разложение. Инициирующая способность тетразена примерно в два раза меньше, чем у гремучей ртути, поэтому в самостоятельном виде он не применяется.

Сопоставим физические и химические свойства перечисленных индивидуальных ИВВ (табл 2.9):

- это кристаллические вещества, характеризующиеся кроме тетразена, высокой удельной массой;
- растворимость в воде и гигроскопичность их незначительны. Ни одно из них практически нерастворимо в известных органических растворителях – бензоле, ацетоне и т.д.
- не плавятся, так как разлагаются раньше, чем начинается плавление;
- химическая стойкость достаточна для их практического применения. Наименее стойким является тетразен, разложение которого начинается при температуре 60^0С. Наибольшей стойкостью в этой группе обладает ТНРС, не разлагающийся до 200ºС. Температура начала разложения гремучей ртути составляет 90…95ºС, азида свинца около 110ºС.
- по отношению к металлам простые ИВВ ведут себя по-разному. ТНРС и тетразен с металлами не взаимодействуют и могут помещаться в любые металлические оболочки. Гремучая ртуть в отсутствие влаги не взаимодействует со свинцом, оловом и никелем, но активно реагирует с алюминием (со взрывом!), магнием, железом, цинком и их сплавами. Во

влажной среде гремучая ртуть взаимодействует с большинством металлов, образуя высокочувствительные соединения. Поэтому для изготовления оболочек под гремучую ртуть применяются медь и латунь, но от контакта с гремучей ртутью их предохраняют никелированием и лакировкой. Азид свинца в сухом виде с металлами не взаимодействует, влажный – реагирует, но менее активно, чем гремучая ртуть. Поэтому оболочки изделий под азид свинца обычно изготавливают из алюминия.

Отметим сравнительные взрывчатые свойства простых ИВВ (см. табл.2.9):

- определяющее свойство индивидуальных ВВ – это чувствительность к начальному импульсу. Наиболее высокую чувствительность ко всем видам начального импульса имеет тетразен, ему несколько уступает гремучая ртуть. Наименее чувствительные ВВ из числа штатных – это азид свинца;
- инициирующая способность, напротив, наиболее высокая у азида свинца и самая низкая у ТНРС и тетразена;
- по энергетике (теплоте взрыва, удельному объему продуктов взрыва) рассматриваемые ВВ несущественно отличаются одно от другого и значительно уступают бризантным ВВ.

Таблица 2.9

Физические и взрывчатые характеристики простых инициирующих ВВ

Характеристика		Гремучая ртуть	Азид свинца	ТНРС	Тетразен
Физические характеристики					
Удельная масса, кг/ м^3		4420	4700…4800	3080	1640
Плотность, достигаемая при прессовании, кг/ м^3		4000	4600	3000	1470
Гигроскопичность, %		0,02	0,7	0,05	0,77
Растворимость в воде при +20°С, 2/100 г воды		0,07	0,023	0,02	0,02
Взрывные характеристики					
Чувствительность к удару, груз 0,6 кг	Верхний предел, см	8,5	23,5	18,5	6,5
	Нижний предел, см	5,5	7,0	12,5	4,5
Температура вспышки, °С,	при t = 5 мин	160…170	315	275	140
Теплота взрыва, кДж/кг		1462	1634	1559	2304
Удельный объем продуктов взрыва, м^3/кг		0,32	0,318	-	0,4...0,45
Температура взрыва, К		4500	4300	2370	-
Скорость детонации м/с ,	при ρ = 4200кг/м^3	5400	5300	5200	5000
Работоспособность по расширению в свинцовом блоке, см^3		130	113	122	-
Предельный инициирующий заряд, г	по тетрилу	0,29	0,025	2,0	1,0

Различие в инициирующей способности простых ИВВ, а также в чувствительности определило области их применения.

Азид свинца – чистый и флегматизированный парафином применяется исключительно в средствах возбуждения взрыва (в детонирующих смесях).

Гремучая ртуть из-за пониженной инициирующей способности в средствах возбуждения имеет ограниченное применение, причем используется только в подрывных капсюлях-детонаторах. Наиболее широкое применение гремучая ртуть находит в средствах воспламенения (воспламенительных смесях), причем используется она в виде смесей с хлоратом калия и трехсернистой сурьмой.

ТНРС и тетразен из-за довольно низкой инициирующей способности самостоятельно практического применения не имеют и являются вспомогательными ВВ, обеспечивающими либо повышение чувствительности изделий (капсюлей) к простым видам импульса, либо усиление их воспламенительной способности.

Ни одно из названных ИВВ не обладает универсальностью комплекса свойств для практического применения в чистом виде. Это и определило тенденцию использования их в комбинированных (смешанных) составах, обладающих всеми требуемыми свойствами.

Инициирующие смеси

Инициирующие смеси (смесевые ИВВ) - это многокомпонентные взрывчатые системы, имеющие высокую чувствительность к простым импульсам и обладающие инициирующей или воспламеняющей способностью.

Смеси, предназначенные для возбуждения взрыва называются детонирующими, а для возбуждения горения - воспламенительными.

В зависимости от вида начального импульса, от которого они действуют, различают ударные, накольные, терочные, тепловые инициирующие смеси.

Применение инициирующих смесей обусловлено двумя наиболее важными причинами:

Во-первых, необходимостью повышения чувствительности средств инициирования к определенному виду начального импульса, и

Во-вторых необходимостью увеличения инициирующей или воспламеняющей способности средств инициирования.

Детонирующие смеси азида свинца: Вследствие недостаточной чувствительности азида свинца к тепловому импульсу, применяют в капсюлях-детонаторах не чистый азид свинца, а в смеси с ТНРС. *Например: 60…80% азида свинца + 40…20% ТНРС.*

Поскольку и к наколу азид свинца имеет недостаточную чувствительность, в наколъных капсюлях-детонаторах используют дополнительный заряд накольного сенсибилизирующего (усиливающего) состава. *Например: 50% ТНРС + 5% тетразена + 25% перекиси бария* $Ba(NO)_3$ *+ 20% антимония* Sb_2S_3

Воспламенительные смеси применяются наиболее широко, так как большинство индивидуальных ИВВ обладает недостаточной воспламеняющей способностью из-за отсутствия в продуктах их взрывчатого превращения твердых частиц.

Для получения твердых продуктов превращения составляются смеси, содержащие в общем случае инициирующие ВВ, горючие, окислители и связующие вещества (цементаторы).

В качестве горючих применяются металлы, их соединения: алюминий Al, антимоний (сернистая сурьма) Sb_2S_3, роданистый свинец $Pb(CNS)_2$ и др. При их сгорании образуются газы (углекислый газ CO_2, сернистый ангидрид–двуокись серы SO_2 и др.), а также конденсированные продукты (окись алюминия Al_2O_2, окись сурьмы Sb_2O_3 и т.п.), обеспечивающие высокую воспламеняющую способность смесей.

Окислителями в воспламенительных составах являются вещества, богатые кислородом и способные сравнительно легко его отдавать в реакциях окисления-восстановления. Это соли, окислы и перекиси металлов: бертолетова соль (хлорат калия) $KClO_3$, нитрат бария $Ba(NO)_3$, нитрат калия KNO_2, перекись свинца Pb_3O_4, перекись бария BaO_2, и др.

Конкретный состав воспламенительных смесей определяется их назначением, видом импульса, от которого они действуют, и другими факторами.

В таблице 2.10 приведены наиболее распространенные воспламенительные составы, действующие от механических импульсов.

Таблица 2.10

Воспламенительные составы инициирующих смесей

Вид состава		Гремучая ртуть $Hg(ONC)_2$	Бертолетовая соль $KClO_3$	Антимоний Sb_2S_3	Сера S
		Содержание, %			
Ударные	артиллерийский	25	37,5	37,5	-
	минометный	35	40	25	-
	к патронам стрелкового оружия	16,7	55,5	27,8	-
Накольные	№1	25	37,5	37,5	-
	№2	28	36	36	-
	№3	50	25	25	-
Терочные	№1	-	60	30	10
	№2	16	55	28,5	-

Гремучая ртуть обеспечивает чувствительность состава к удару, в малых количествах не детонирует и стойкая при хранении. Хлорат калия играет роль окислителя, легко отдающего кислород. Антимоний – горючее вещество, усиливающее жгучесть луча огня. Кроме того большая

твердость антимония позволяет несколько увеличить чувствительность состава в целом.

Ударные гремучертутные составы, содержащие хлорат калия (бертолетовую соль) вызывают коррозию материальной части оружия за счет образования хлоридов.

Поэтому наряду с хлоратными составами применяются неоржавляющие (некорродирующие) ударные составы, не содержащие гремучей ртути и бертолетовой соли.

Например: *38,5% ТНРС + 3% тетразена + 38,5%* $Ba(HO_3)_2$ *+ 10% антимония* Sb_2S_3 *+ 10% кремниевого железа FeSi.*

В электрических средствах инициирования могут применяться как индивидуальные ИВВ, так и специальные смеси, часто не содержащие инициирующих ВВ. Например: *40% бертолетовой соли (хлорат калия)* $KClO_3$ *+20% роданистого свинца* $Pb(CNS)_2$ *+ 40% столярного клея (связка).*

Таким образом инициирующие ВВ являются первичными ВВ для производства взрывчатого превращения ввиду своей высокой чувствительности; Для обеспечения наилучших свойств, в большей или меньшей степени присущих тому или другому индивидуальному инициирующему ВВ, они применяются не самостоятельно, а в смесевых составах с другими веществами.

Основная область применения ИВВ – это средства инициирования (капсюли-воспламенители, капсюли – детонаторы и электродетонаторы).

2.3. СРЕДСТВА ИНИЦИИРОВАНИЯ

Средствами инициирования (инициаторами) называются изделия, снаряженные инициирующим взрывчатыми веществами (ИВВ), действующие от простых начальных импульсов и предназначенные для возбуждения детонации или горения, а также для передачи на расстояние взрывного или воспламенительного импульса.

По характеру создаваемого или передаваемого импульса средства инициирования подразделяются на две группы (рис. 2.22): средства воспламенения (инициирования, горения) и средства взрывания (детонирования). Каждая группа средств инициирования включает в себя различные их виды, отличающиеся конструкцией, принципом действия, назначением.

По конструкции средства инициирования делятся на капсюли и шнуры. *Капсюли* - это изделия с жесткой, обычно металлической оболочкой, *шнуры* – это изделия с гибкой оболочкой в виде длинной трубки из хлопчатобумажных нитей или полимерного материала, предназначенные для передачи на расстояние взрывного или воспламенительного импульса.

В группу средств воспламенения входят капсюли-воспламенители (КВ) патронные, капсюли-воспламенители трубочные и огнепроводы.

Капсюли-воспламенители патронные предназначены для воспламенения пороховых зарядов ствольного оружия.

По принципу действия могут быть ударными, терочными и электрическими (электрозапалы). При этом капсюли-воспламенители могут применяться самостоятельно (в патронах стрелкового оружия и минометных выстрелах), либо они входят в устройство более сложных узлов в капсюльных и электрокапсюльных втулок, ударных и вытяжных трубок.



Рис. 2.22. Классификация средств инициирования

Капсюли-воспламенители трубочные используются во взрывательных устройствах (взрывателях) боеприпасов для приведения в действие цепей взрывания разрывных зарядов. По принципу действия эти капсюли могут быть накольными и электрическими.

Огнепроводы – это средства передачи на расстояние воспламенительного импульса. По конструкции и характеру горения разновидностями огнепроводов являются огнепроводный шнур, воспламенительный (зажигательный) фитиль и стопин.

К группе средств взрывания относятся капсюли-детонаторы, детонирующий шнур и детонаторы:

Капсюли-детонаторы предназначены для возбуждения детонации зарядов бризантных взрывчатых веществ.

По назначению капсюли-детонаторы делятся на артиллерийские, подрывные (используемые в инженерных боеприпасах и подрывных средствах), специальные, для ручных гранат.

По принципу действия - лучевые, накольные, двойного действия (накольно-лучевые) и элекрические.

По характеру снаряжения (по типу заряда) капсюли-детонаторы могут быть простыми (заряд состоит только из инициирующего взрывчатого вещества) и комбинированными (заряд состоит из двух частей – инициирующего ВВ и бризантного ВВ).

Детонирующий шнур является средством передачи взрывного импульса на расстояние. Иногда детонирующий шнур используется и как средство разрушения.

Детонаторы - это средства усиления взрывного импульса в тех случаях, когда мощности импульса первичного капсюля-детонатора недостаточно для надежного взрыва основного заряда.

Качество средств инициирования существенно влияет на надежность действия боеприпасов, на безопасность обращения с ними. Поэтому к ним предъявляются соответствующие производственные и эксплуатационные требования.

Основными требованиями являются:

- безопасность в обращении при производстве и эксплуатации;
- надежность действия, т. е. высокая инициирующая способность;
- однообразие действия, т. е. минимальный разброс времени срабатывания и одинаковая величина создаваемого импульса;
- стойкость при хранении;
- простота устройства и по возможности универсальность конструкции;
- дешевизна, доступность материалов и низкая себестоимость.

Боевые и эксплуатационные требования обеспечиваются соответствующим выбором материалов и ВВ, конструкцией изделий и точным выполнением технологических режимов при их изготовлении.

Разновидности капсюлей - воспламенителей

Капсюли-воспламенители создают импульс в виде луча пламени, который используется для воспламенения метательных (пороховых) зарядов, а во взрывателях – для приведения в действие цепей взрывания разрывных зарядов.

Патронные ударные (рис. 2.23) и трубочные накольные капсюли (рис. 2.24) имеют принципиально одинаковое устройство.

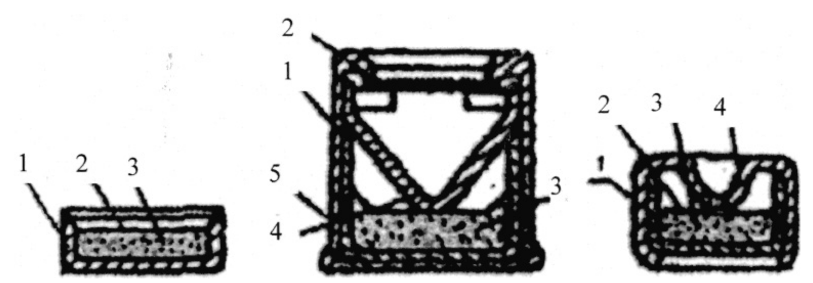


Рис. 2.23. Патронные ударные капсюли-воспламенители:

1 – оболочка; 2 - покрытие; 3 – ударный состав;
4 - наковаленка; 5 – корпус.

Основными элементами капсюля являются оболочка (колпачок), заряд воспламенительного состава и покрытие. В конструкции патронных ударных капсюлей дополнительно имеется наковаленка, о которую разбивается капсюльный состав при ударе бойка в дно оболочки.

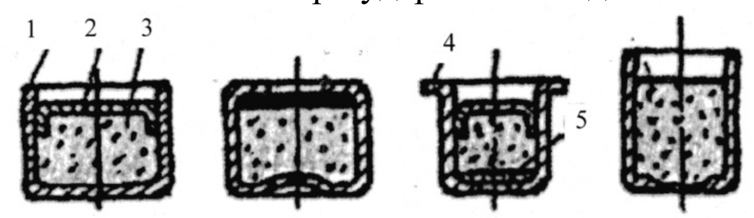


Рис. 2.24. Трубочные накольные капсюли-воспламенители:

1 – оболочка; 2 - покрытие; 3 – накольный состав;
4 - бортик; 5 – фольга.

Оболочка капсюлей-воспламенителей служит для размещения воспламенительного состава.

У патронных капсюлей она изготовляется из латуни (Л-68), меди и иногда железа, у трубочных - из меди. Толщина стенки оболочки составляет от 0,15 до 0,13 мм.

В качестве воспламенительного заряда капсюлей – воспламенителей применяются гремуче-ртутно - хлоратные составы (табл. 2.11), которые в патронные капсюли запрессовываются под давлением $8*10^7 \ldots 2*10^8$ Па, в трубочные - под давлением $1,1*10^8 \ldots 1.3*10^8$ Па. Такие составы достаточно чувствительны к удару, стойки при хранении, просты и дешевы в изготовлении.

Покрытие служит для герметизации капсюльного состава и для предохранения от случайных воздействий. Патронные капсюли имеют покрытие в виде кружочка из оловянной фольги, у трубочных - покрытие может быть в форме кружка или чашечки из того же материала, что и оболочка только меньшей толщины (0,05…0,02мм).

Патронные капсюли-воспламенители обозначаются по типу оружия, к которому они предназначены, например: КВМ-3 (капсюль-воспламенитель минометный, 3-й образец). Трубочные капсюли обычно обозначаются по типу взрывателей, к которым они применяются (КТД, МД-5) или номерами (№1, №3).

Таблица 2.11

Состав капсюлей-воспламенителей

Капсюль-воспламенитель	Гремучая ртуть $Hg((ONC)_2$	Бертолетова соль $KClO_2$	Антимоний Sb_2S_2	Вес заряда, г.
Патронные				
Винтовочные Пистолетные к капсюльным втулкам Для минометных выстрелов	16,7% 25% 35%	55,5% 37,5% 40%	27,8% 37,5% 25%	0,03 0,025 0,04-0,05
Трубочные				
К взрывателю КТМ К взрывателю РГМ	25 50	37,5 25	37,5 25	

Электрические средства воспламенения

Электрические средства воспламенения (электрозапалы, электровоспламенители) предназначены для тех же целей, что и капсюли-воспламенители, действующие от механических импульсов.

Действие электровоспламенителей происходит за счет преобразования электрической энергии в тепловую.

В зависимости от способа преобразования электрической энергии в тепловую различают три типа электрозапалов: мостиковые (электровоспламенители накаливания), щелевые и искровые.

Мостиковые электровоспламенители (рис. 2.25а) имеют мостик накаливания из тонкой проволочки, окруженный воспламенительным составом. При пропускании тока через мостик последний нагревается (джоулевым теплом), и при достижении определенной температуры происходит воспламенение состава. Все это помещается в гильзу с изолятором. Ток для воспламенения величиной 0,6…4,0А подается по проводникам.

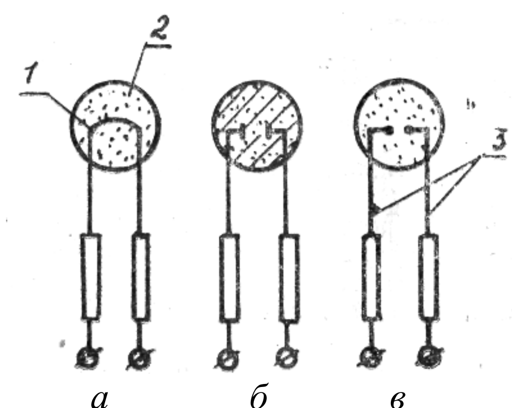


Рис. 2.25. Схемы электровоспламенителей: *а* – мостиковый; *б* – щелевой; *в* – искровой; 1 – мостик; 2 – воспламенительный состав; 3 - проводники

Щелевые электровоспламенители (рис. 2.25б) также срабатывают за счет джоулева тепла, но роль мостика выполняет сам воспламенителъный состав, который делается электропроводящим путем пропитки металла

добавлением в него металлического горючего (например алюминия). Этот тип электровоспламенителей имеет ограниченное применение.

В искровых электровоспламенителях (рис. 2.25в) воспламенение осуществляется электрической искрой, возникавшей в искровом промежутке между разомкнутыми проводниками, находящимися в воспламенительном составе, не проводящем электрического тока.

Для срабатывания искровых электровоспламенителей требуется подача напряжения (3…5)*10^3 В. Этот тип электровоспламенителей характеризуется весьма малым временем срабатывания (3…5 мкс), нечуствительны к блуждающим токам, а потому более безопасны, чем мостиковые, отличаются высокой надежностью, так как не существует опасности обрыва мостика.

Применение электровоспламенителей на практике определяет их три типа: подрывные, патронные и трубочные электровоспламенители (электрозапалы).

Подрывные (рис. 2.26) – применяются в подрывном деле для приведения в действие цепей взрывателя инженерных боеприпасов и подрывных зарядов.

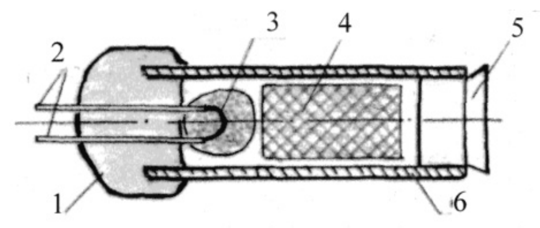


Рис. 2.26. Подрывной электровоспламенитель:

1 – изолятор; 2 – проводники; 3 – мостик; 4 – замедлитель; 5 – пробка; 6 – гильза.

Патронные (электрические капсюли-воспламенители) (рис. 2.27) – используются в ствольной артиллерии в реактивных системах для воспламенения метательных и ракетных зарядов.

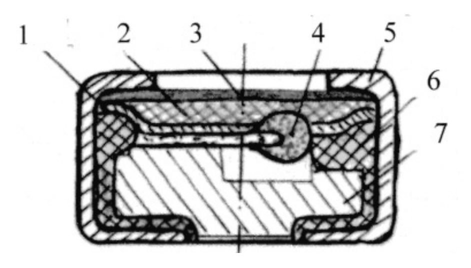


Рис. 2.27. Патронный электрический капсюль-воспламенитель:

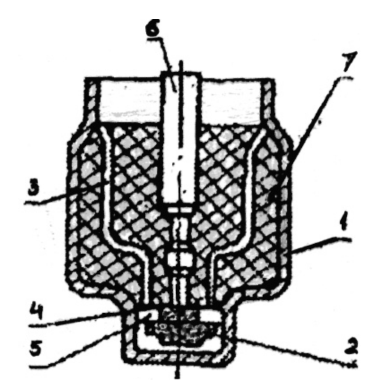
1 – контрольная шайба; 2 – воспламенительный состав; 3 – покрытие; 4 – электрозапал; 5 – корпус; 6 – изолирующая втулка; 7 –центральный контакт.

Трубочные (электрические капсюли-воспламенители) (рис. 2.28) – применяют во взрывательных устройствах различных боеприпасов.

Все эти электрозапалы преимущественно мостикового типа. Один от другого они отличаются габаритами, формой, способом крепления мостика, электрическими параметрами. Например, трубочные электрозапалы имеют жесткое крепление мостика, исключающее его обрыв под действием сил инерции в момент выстрела. С целью повышения надежности действия производится обычно дублирование электровоспламенителей в одном изделии.

Рис. 2.28. Трубочный электрический капсюль-воспламенитель:

1 – оболочка; 2 – чашечка с воспламенительным составом; 3 – контактная шайба; 4 – мостик; 5 – контактная чашечка; 6 – центральный контакт; 7 – изолирующая втулка.



В качестве источников тепла для приведения в действие злектровоспламенителей применяются подрывные машинки (КПМ), аккумуляторы, сухие батареи, осветительная сеть, передвижные электростанции и специальные бортовые источники питания: батареи, пьезогенераторы и др.

Капсюли-детонаторы

Капсюли-детонаторы – это изделия, создающие взрывной импульс и предназначенные для возбуждения детонации зарядов бризантного ВВ.

Лучевые и накольные капсюли-детонаторы имеют принципиально одинаковое устройство. Основными элементами капсюлей – детонаторов (рис. 2.29) являются: оболочка (колпачок), покрытие (чашечка), заряд.

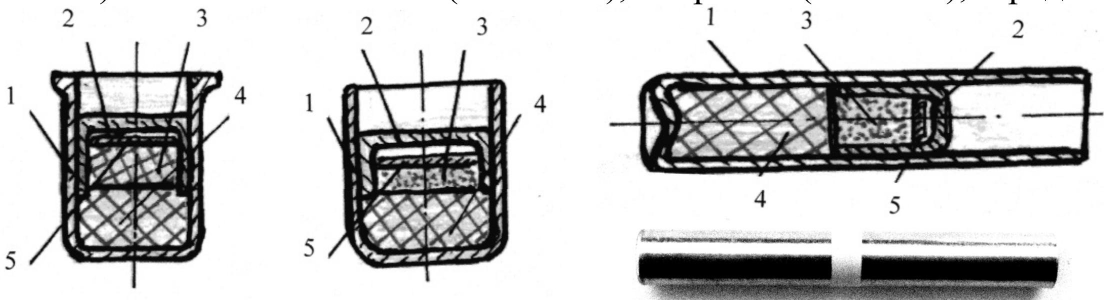


Рис. 2.29. Лучевые капсюли-детонаторы:
1 –оболочка; 2 – покрытие (чашечка); 3 – первичный заряд; 4 – вторичный заряд; 5 – фольга.

Оболочка капсюля-детонатора изготавливается из мельхиора, меди или алюминия. Толщина оболочки 0,1…0,7 мм. Оболочки могут быть с бортиком, без бортика, с резьбой – в зависимости от способа крепления капсюля по месту размещения.

Покрытие выполняется в виде чашечки из меди, латуни, алюминия. В дне чашечки лучевых капсюлей-детонаторов имеется отверстие, закрываемое шелковой сеткой или нитролаком и предназначенное для облегчения прорыва луча пламени к заряду капсюля. Чашечка накольных капсюлей-детонаторов имеет сплошное, но в центральной части более тонкое дно, что облегчает прокалывание его жалом.

Заряд капсюлей-детонаторов обычно комбинированный и состоит из первичного заряда и вторичного заряда. Первичный заряд расположенный в чашечке состоит из азида свинца в количестве 0,2…0,4г.

Для повышения чувствительности лучевых капсюлей к лучу пламени поверх первичного заряда помещается 0,02…0,08 г. ТНРС (стифната свинца).

Капсюлям-детонаторам устанавливается наименование по типу взрывателей, в которых они применяются, либо номерами, либо по конструкции оболочки и составу заряда.

Например в подрывном деле широко применяется лучевой КД №8. В артиллерийских боеприпасах применяются лучевые капсюли ТАТ: ТАТ-1, ТАТ-2, ТАТ-02. Цифра (1,2 и т.д.) обозначает номер образца капсюля, «0» означает, что оболочка без бортика. В буквенной части индекса: первое «Т» - ТНРС, «А»- азид свинца, «Т» - тэн или тетрил.

В накольных капсюлях (рис. 2.30) поверх азида свинца помещается 0,04…0,06 г. накольного сенсибилизирующего состава, содержащего ТНРС, тетразен, нитрат бария $Ba(NO_3)_2$ и антимоний Sb_2S_3.

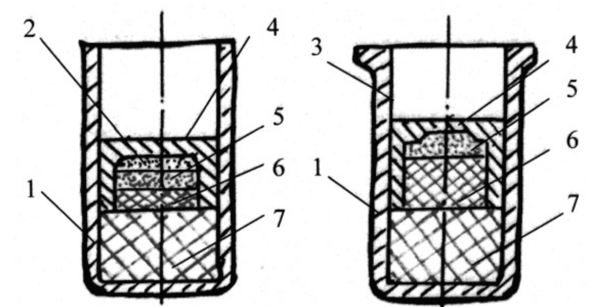


Рис. 2.30. Накольные капсюли-детонаторы:

1 – оболочка; 2 - фольга;
3 – поверхность покрытая лаком;
4 - чашечка; 5 – накольный состав;
6 – первичный заряд;
7 – вторичный заряд.

В некоторых видах подрывных капсюлях-детонаторах первичным зарядом является гремучая ртуть в количестве до 1 г.

Вторичный заряд, размещаемый в оболочке, изготавляется из тэна, тетрила или гексогена и других мощных высокочувствительных бризантных ВВ. Масса вторичного заряда 0,5…0,3 г, а в подрывных капсюлях-детонаторах – от 0,5 до 1,0 г. Для инженерных работ применяются подрывные капсюли типа ГРТ состоящие из гремучей ртути.

Электрические капсюли-детонаторы

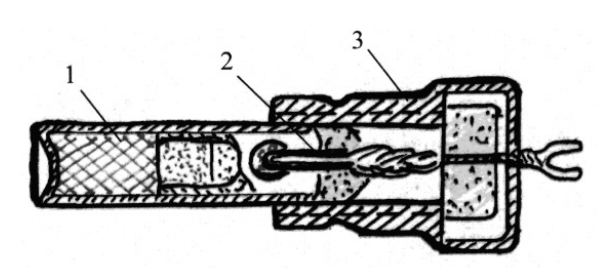
Электрические капсюли-детонаторы (электродетонаторы) действуют за счет преобразования электрической энергии в тепловую. В конструкции электродетонаторов так или иначе объединены электровоспламенитель и лучевой капсюль-детонатор.

По принципу действия различают электродетонаторы мостиковые и искровые, а по назначению электродетонаторы различают подрывные и боеприпасные (трубочные).

Подрывной электродетонатор (рис. 2.31) представляет собой объединенные в одной конструкции лучевой капсюль-детонатор №8 и мостиковый электровоспламенитель.

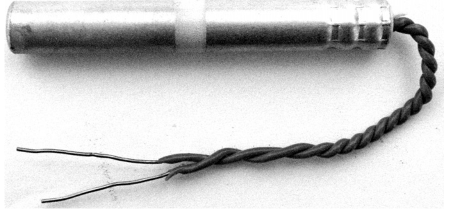
Рис. 2.31. Подрывной электродетонатор:

1 - лучевой капсюль-детонатор;
2 – мостиковый электровоспламенитель;
3 – резьбовая втулка.



Обозначаются электродетонаторы по принципу: ЭД №8-А, ЭД №8-М. Буквы «ЭД» обозначают «электродетонатор», №8 – тип лучевого КД, буквы после номера - материал оболочки (А - алюминий, М - медь). В военном деле применяются также электродетонаторы ЭДП (рис. 2.32), ЭДП-Р и др.

Рис. 2.32. Электродетонатор ЭДП



К боеприпасным электродетонаторам предъявляются особо жесткие требования по мгновенности и однообразию действия и компактности конструкции. Это достигается максимальным приближением электровоспламенителя с капсюлем – детонатором (рис. 2.33).

Зарядом электровоспламенителя является воспламенительный слой (ТНРС) первичного заряда капсюля-детонатора или непосредственно первичный заряд. Причем первичный заряд во втором случае изготавливается из смеси 20…40% ТНРС и 80…60% азида свинца. Благодаря этому чувствительность первичного заряда к нагреву от мостика увеличивается, обеспечивая высокую безотказность и надежность действия капсюлей.

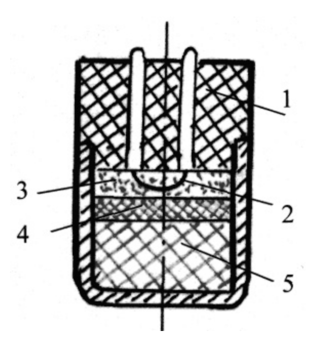


Рис. 2.33. Мостиковый электродетонатор:

1 – изолирующая втулка; 2 - мостик;
3 – воспламенительный состав;
4 – первичный заряд; 5 –вторичный заряд

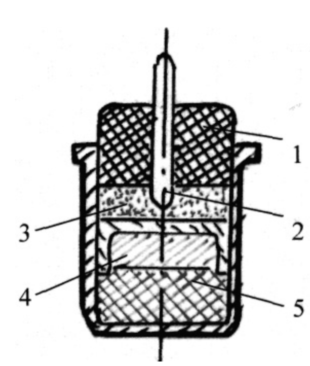


Рис. 2.34. Искровой электродетонатор:

1 – изолирующая втулка; 2 – контакт;
3 – воспламенительный состав;
4 – первичный заряд; 5 – вторичный заряд.

Высокой мгновенностью действия отличаются искровые (рис. 2.34) электродетонаторы, в которых искровой промежуток находится в слое первичного заряда лучевого капсюля-детонатора.

Величина искрового промежутка приблизительно равна 0,2 мм. Срабатывание капсюля происходит при подаче на центральный контакт и корпус (оболочку) высокого напряжения (2000…10000 В). Время срабатывания может составлять от долей микросекунды до 5…6 мкс.

Недостатком искровых электродетонаторов является зависимость их действия от величины искрового заряда – при незначительных отклонениях в ту или иную стороны возможны отказы в работе.

Средства передачи инициирующих импульсов

Огнепроводный шнур (ОШ, иногда - бикфордов шнур) служит для передачи на расстояние импульса в виде луча пламени.

Основными типами огнепроводного шнура являются:

- ОШП - огнепроводный шнур пластикатный (покрыт полихлорвиниловым пластиком) имеет белый цвет оболочки;
- ОШДА - огнепроводный шнур двойной асфальтированный (серо-черный);
- ОША - огнепроводный шнур асфальтированный (серо- черный).

Огнепроводный шнур (рис. 2.35 и 2.36) представляет собой гибкую оплетку из хлопчатобумажных (льняных) нитей или оболочку из полимерного материала (пластиката), содержащую слабоспрессованную сердцевину из мелкозернистого дымного пороха. Оплетка покрывается влагонепроницаемым составом.

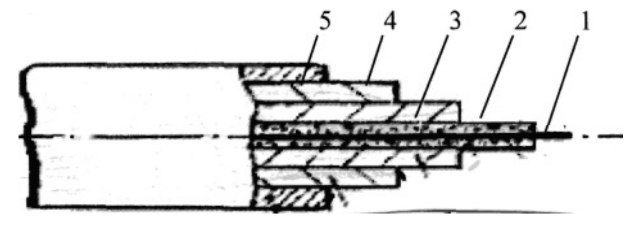


Рис. 2.35. Огнепроводный шнур ОШП:
1 – направляющая хлопчатобумажная нить; 2 – шнуровой порох (ДРП); 3, 4 – первая и вторая хлопчатобумажные нити; 5 – полихлорвиниловый пластик.

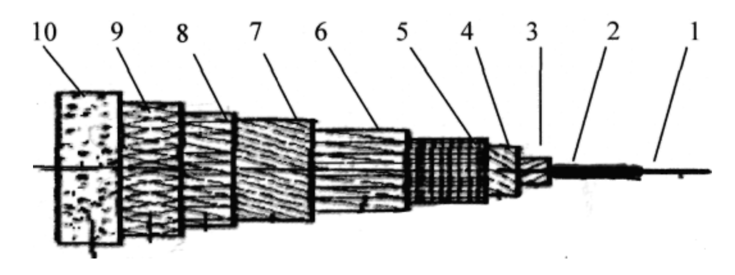


Рис. 2.36. Огнепроводный шнур ОШДА:
1 – центральная направляющая нить; 2 – шнуровой порох (ДРП); 3,4 – первая и вторая хлопчатобумажные оплётки; 5 – слой каменноугольного пека и шпалопропиточного масла; 6 – асфальтовая мастика (осмолка); 7 – хлопчатобумажная оплётка; 8 – асфальтовая мастика; 9 – парафин; 10 – тальк.

Наружный диаметр огнепроводного шнура 5…6 мм, скорость горения при атмосферном давлении около 1 см/с (под водой шнур горит быстрее).

Шнуры ОШП и ОШДА имеют усиленную влагоизоляцию и применяются для работы во влажных средах и под водой. Шнур ОША

имеет менее надежную влагоизоляцию и поэтому применяется только в сухих местах.

Для выполнения подрывных работ с помощью ОШ применяются зажигательные трубки, состоящие из лучевого капсюля-детонатора (обычно №8) и вставленного в него отрезка огнепроводного шнура.

При поджигании огнепроводного шнура используются обыкновенные или специальные спички и механические воспламенители. При использовании спичек свободный конец шнура срезается наискось (под острым углом). Перед применением обязательно проверяется скорость горения ОШ на отрезке длиной 60 си, который должен сгорать за 60…70 с.

Стопины применяются для передачи луча пламени в артиллерийских снарядах со специальным снаряжением (например в зажигательных снарядах).

Стопин состоит из хлопчатобумажных нитей, пропитанных калиевой селитрой. Снаружи нити покрываются пороховым тестом, состоящим из гуммиарабика, воды и пороховой мякоти. Нити склеиваются в виде ленты шириной 2,5…3 мм. Скорость горения стопина на открытом воздухе около 3…5 см/с.

Фитиль применяется как средство для зажигания огнепроводного шнура. Серцевина фитиля состоит из льняных нитей, пропитанных раствором калиевой селитры. Скорость горения фитиля составляет 1…2 см/с.

Детонирующий шнур (ДШ) предназначен для передачи на расстояние взрывного импульса.

Детонирующий шнур (рис. 2.37) представляет собой гибкую оболочку из тройной нитяной оплетки или полимерного материала, содержащую прессованную сердцевину с детонирующим составом из бризантного ВВ. Оболочка покрывается влагоизолирующей массой.

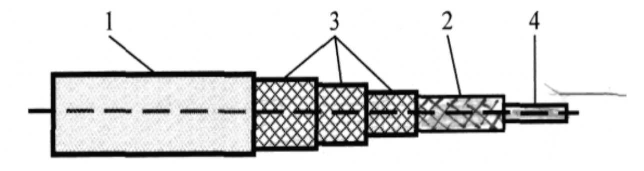


Рис. 2.37. Детонирующий шнур:

1 – оболочка; 2 – взрывчатое вещество; 3 – направляющие нити; 4 - оплетка.

Для снаряжения шнура применяются тэн, тетрил, А-IX-1 и другие бризантные ВВ в порошкообразном виде (слабоуплотненные) или в виде прессованных таблеток (таблетированные ДШ).

В военном деле применяется тэновый детонирующий шнур марок ДШ-Б и ДШ-В. Шнур ДШ-В имеет усиленную влагоизоляцию и может применяться для работ в воде и сырых местах. Оболочка его имеет красный цвет. Шнур ДШ-Б имеет менее надежную влагозащиту и применяется в сухих местах. В оболочку ДШ-Б вплетены красные нити.

Наружный диаметр штатного шнура 5…6 мм, скорость детонации 6500…7000 м/с, масса взрывчатого вещества 11…13 г на 1 м длины.

Детонирующий шнур подрывается капсюлем-детонатором или электродетонатором, привязываемым к свободному концу шнура. Одним капсюлем-детонатором можно взорвать до шести концов отрезков детонирующих шнуров. На концах отрезков шнура, вставляемых в шашки подрывных зарядов, должны быть капсюли-детонаторы.

Детонаторы являются средством усиления взрывного импульса в тех случаях, когда мощности импульса первичного капсюля-детонатора недостаточно для надежного взрыва основного заряда. Они применяются во взрывателях, снарядах и других и состоят, как правило, из одного бризантного взрывчатого вещества, помещенного в стакан, чашечку и т.п. устройство.

Часто для более надежного срабатывания детонатора в системах используется промежуточный передаточный заряд, который размещается между капсюлем-детонатором и основным детонатором.

2.4. БРИЗАНТНЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

Бризантные взрывчатые вещества (БВВ) (*от фр. briser - дробить*) характеризуются относительно невысокой чувствительностью к простым видам начального импульса и значительным разрушающим (дробящим) действием на прилегающую среду, благодаря чему они применяются для изготовления зарядов различных боеприпасов.

Так как в условиях практического применения возбуждение детонации разрывных зарядов осуществляется с помощью первичных инициирующих ВВ, то бризантные ВВ часто называют вторичными.

По составу компонентов бризантные ВВ (рис. 2.38) подразделяются на: индивидуальные (простые) и смесевые (сложные, бризантные смеси).

По взрывным характеристикам различают бризантные ВВ повышенной мощности, нормальной мощности и пониженной мощности.

ВВ повышенной мощности (например - гексоген, тэн, тетрил) несколько более чувствительны к внешним воздействиям и поэтому их чаще применяют в смеси с флегматизаторами (веществами, понижающими чувствительность ВВ) или в смеси с ВВ нормальной мощности для повышения мощности последних. Иногда ВВ повышенной мощности применяют в качестве промежуточных детонаторов.

По химической природе индивидуальные бризантные ВВ являются производными различных классов органических соединений, среди которых наиболее характерными являются три группы:

– нитросоединения (ароматические, алифатические, гетероциклические), которые содержат в молекуле нитрогруппы - (NO_2);

– нитраты (азотнокислые эфиры), которые содержат нитратные группы - ONO_2;

– нитронитраты, которые содержат одновременно нитрогруппы NO_2 и нитратные группы ONO_2.

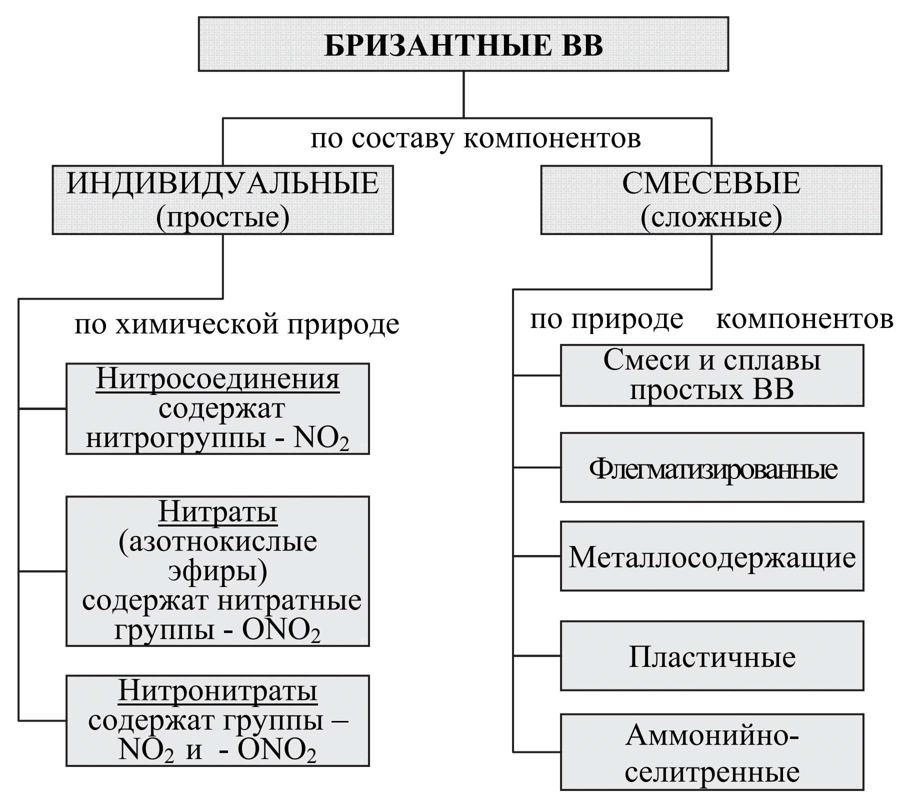


Рис. 2.38. Классификация бризантных взрывчатых веществ

Из большого многообразия взрывчатых соединений практическое применение имеет сравнительно ограниченное число представителей.

Бризантные смеси по природе компонентов делятся на следующие группы: смеси и сплавы индивидуальных ВВ; флегматизированные ВВ; металлосодержащие ВВ; пластичные ВВ и аммонийно - селитренные ВВ (аммониты).

Индивидуальные бризантные взрывчатые вещества

Наиболее часто в военном деле применяются такие бризантные взрывчатые вещества, как тротил (*тол, ТНТ, тринитротолуол*) $C_6H_2(NO_2)_3$ CH_3; тетрил (*тринитро-фенил-метил-нитроамин*) $C_6H_2(NO_2)_3NNO_2CH_3$; тэн (*пентаэритрит-тетранитрат, пентрит*) $C(CH_2ONO_2)_4$; гексоген (*цикло-триметилен-тринитроамин*) $(CH_2\ N\text{-}NO_2)_3$; октоген (*цикло-тетраметилен-тетранитроамин*) $(CH_2\ N\text{-}NO_2)_4$. Более ограниченное применение дина (*диэтанол-нитроамин-динитрат*) $(CH_2\ CH_2ONO_2)_2$ NNO_2; эдна (*этилен-динитроамин*) $(CH_2NHNO_2)_2$; динитронафталин $C_{10}H_6(NO_2)_2$;

Тротил (тринитротолуол, тол, ТНТ), впервые получен в 1863г. В России применяется с 1906г. Исходным продуктом для получения тротила служит толуол – подвижная маслянистая жидкость, добываемая из продуктов перегонки угля и нефти. Его получают в результате троекратного нитрования толуола смесью азотной и серной кислот.

Тротил представляет собой твердое кристаллическое вещество светло-желтого цвета; горькое на вкус, с удельным весом 1,8. Мало гигроскопичен и почти нерастворим в воде, с металлами не взаимодействует, с водными и спиртовыми щелочами образует соединения обладающие повышенной чувствительностью.

К механический воздействиям тротил умеренно чувствителен, при простреле пулей, как правило, не взрывается и не воспламеняется. Температура вспышки тротила 300°С, температура плавления 81°С. При зажжении лучом огня на открытом воздухе тротил горит сильно коптящим пламенем, но в закрытом объеме (в снаряде) горение может перейти в взрыв.

Прессованный тротил имеет хорошую чувствительность к взрывному импульсу, легко детонирует от капсюля-детонатора: литой тротил - менее чувствителен, и для детонации необходимо применять промежуточный детонатор из тетрила или прессованного тротила.

Газообразные продукты взрыва тротила содержат в большом количестве угарный газ (СО) и потому - являются ядовитыми. Тротил очень стойкое ВВ, не реагирует на свет, влагу, колебания температуры и не изменяет своих свойств в течении длительного хранения.

Большая сила взрыва в сочетании с малой чувствительностью, инертностью, стойкостью, а также доступность сырьевой базы и относительная дешевизна производства, обеспечивает широкое применение тротила, в качестве основного ВВ для снаряжения артиллерийских снарядов, мин, авиационных бомб и т. д.; изготовления подрывных зарядов.

Тетрил - сильное бризантное ВВ, по взрывчатым свойствам превосходит тротил и пикриновую кислоту. Его получают путем нитрации диметиланилина. Тетрил представляет собой твердое мелкокристаллическое вещество светло-желтого цвета с удельным весом 1,7.

При плавлении заметно разлагается, поэтому к снаряжению заливкой непригоден; хорошо прессуется.

Тетрил малогигроскопичен и плохо растворим в воде, хорошо растворим в бензоле, ацетоне, анилине. Температуре вспышки тетрила 190°: при воспламенении на открытом воздухе энергично горит, а в закрытых оболочках дает взрыв. К механическим воздействиям более чувствителен, чем тротил и пикриновая кислота, обладает хорошей восприимчивостью к детонации от капсюля - детонатора.

По химической стойкости тетрил уступает тротилу, но при нормальной температуре хранения достаточно стоек, его разложение начинается только при нагревании до 100 – 110°. Продукты взрыва тетрила ядовиты. Повышенная чувствительность к механическим воздействиям и дороговизна производства ограничивают применение тетрила для

снаряжения снарядов. Он широко используется в качестве детонаторов в артиллерийских взрывателях, для изготовления передаточных зарядов взрывателей в качестве вторичного заряда в капсюлях-детонаторах и в смеси с гремучей ртутью для изготовления детонирующих шнуров.

Тэн (тетранитропентаэритрит) впервые получен в 1893г. Тэн, как и гексоген, относится к наиболее мощным бризантным ВВ. Его получают из пентаэритрита, являющегося продуктам перегонки угля, путем нитрования азотной кислотой.

Тэн представляет собой твердое кристаллическое вещество белого цвета. Удельный вес 1,77. Он хорошо прессуется. Температура плавления технического тэна 142°С, причем плавление сопровождается медленным разложением. Температура вспышки 215°С. Тэн негигроскопичен и нерастворим в воде, почти нерастворим в спирте, хорошо растворяется в ацетоне. С металлами не взаимодействует, не реагирует на изменение температуры и влаги. Хорошо очищенный тэн химически стоек, а плохо очищенный обладает малой химической стойкостью и при длительном хранении может взорваться. Чувствительность к механическим воздействиям у тэна наиболее высокая среди других бризантных ВВ.

Тэн применяется в качестве вторичного заряда в капсюлях-детонаторах и для изготовления детонаторов взрывателей. Флегматизированный парафином тэн может применяться и для снаряжения отдельных видов снарядов.

Гексоген впервые получен в 1593г. Это кристаллическое вещество белого цвета с удельным весом 1,82. При плавлении разлагается. Негигроскопичен и почти нерастворим в воде. В эфире, спирте, бензоле растворяется плохо. Хорошо растворим в азотной и уксусной кислотах и в ацетоне. С металлами не взаимодействует, на изменение температуры не реагирует и по стойкости лишь немного уступает тротилу. Температура вспышки гексогена 230°С. При воспламенении на открытом воздухе горит ярким пламенем: в закрытых оболочках взрывается. По взрывчатым свойствам сильнее тетрила и к механическим воздействиям более чувствителен. Легко детонирует от капсюля - детонатора,

Гексоген применяется в качестве вторичного заряда в капсюлях-детонаторах для изготовления детонирующий шнуров, в детонаторах взрывателей и для снаряжения некоторых снарядов. Дорог в производстве.

Октоген кристаллическое вещество, абсолютно негигроскопично. Температура вспышки 290°С. Обладает более высокой, чем гексоген термостойкостью и бризантным действием.

Октоген применяется при бурении глубинных скважин и дроблении горячим методом, при разгрузке и ремонте доменных печей. В США его применяют в смеси с тротилом (октол) и в твердых ракетных топливах и артиллерийских порохах.

Динитронафталин $C_{10}H_6(NO_2)_2$ является нитропроизводным нафталина. Это кристаллическое вещество, предстаставляющее собой твёрдые гранулы, чешуйки или светло-жёлтые кристаллы с температурой плавления 155 – 160°C. Температура вспышки динитронафталина 300 – 310°C. От нагретой проволоки он воспламеняется при 245°C. Горит коптящим пламенем. Мало чувствителен к механическому воздействию. В воде и спирте почти не растворим. Детонирует от капсюля. Не чувствителен к механическим воздействиям. Взрывчатые свойства у него выражены слабо. По «работоспособности» он в 2,85 раза уступает тротилу.

Вследствие малой мощности для снаряжения боеприпасов самостоятельно не применяется. Наиболее часто применяется в смесях с аммонийной (аммиачной) селитрой, известных под названием шнейдериты для промышленных взрывных работ. Кроме того применяется в смеси с тротилом (смесь ТД) для снаряжения артиллерийских снарядов, мин и авиационных бомб.

Свойства бризантных взрывчатых веществ

По физическому состоянию бризантные взрывчатые вещества являются твердыми кристаллическими веществами белого или желтого цвета.

Температура плавления (затвердевания) у БВВ за исключением тротила и дины высокая. Поэтому для изготовления разрывных зарядов способом заливки пригодны только ТНТ и дина, которые плавятся без разложения при невысоких температурах.

Имея плохую растворимость в воде (исключая дину), БВВ хорошо растворяются (особенно при нагревании) в органических растворителях (ацетон, бензол, толуол, дихлорэтан, этиловый спирт).

В химическом отношении БВВ достаточно нейтральные вещества. Они не взаимодействуют с металлами (кроме дины). Тротил со щелочами (в том числе и с NH_4OH) образует окрашенные соединения – «тротилаты», обладающие высокой чувствительностью, не уступая в этом отношении индивидуальным БВВ.

БВВ обладают высокой химической стойкостью поскольку температура начала разложения 110ºС и выше. Это свойство обеспечивает их применение и длительное хранение в широком интервале температур.

В таблице 2.12. представлены характеристики взрывчатых свойств БВВ.

Тетрил, тэн, гексоген, дина и эдна отличаются высокой *чувствительностью*. Наименее чувствительным ко всем видам начального импульса является тролтил, поэтому заряды из него можно подвергать механической обработке, соблюдая при этом определенные меры безопасности. Бризантные ВВ обладают высокими энергетическими характеристиками (теплота взрыва, удельный объем продуктов взрыва и др.), хотя тротил по энергетике несколько уступают остальным БВВ.

Таблица 2.12

Характеристики простых бризантных ВВ

Бризантное ВВ	Кислородный баланс, %	Гигроскопичность, %	Температура плавления, ^0C	Температура вспышки,	Удельный объем продуктов взрыва, $м^3/кг$	Плотность ρ_0, $кг/м^3$	Скорость детонации D, м/с	Теплота взрыва Q_V, кДж/кг	Фугасность (работоспособность по расширению) ΔW, $см^3$	Бризантность (по обжатию цилиндров), ΔH, мм	Чувствительность к удару, % взрывов
Тротил	–74	0,05	80	300	0,73	1663	7000	4230	305	16	4-8
Тетрил	–47	0,02	141,5	190	0,76	1730	7500	4610	340	19	50…60
Тэн	–10	0	142	215	0,79	1773	8200	5866	500	25	100
Гексоген	–22	0,1	205	230	0,91	1820	8200	5740	520	25	70…80
Октоген	–22	0	280	290	0,94	1960	7900	5110	470	-	70…90
Дина	–26	-	51,5	240	0,875	1670	7700	5237	770	-	80…90
Эдна	–32	-	178	180	0,908	1750	8000	5342	450	17,5	50…60

По применению в чистом виде тринитротолуол (тротил, ТНТ) является основным БВВ, так как обладает высокими эксплуатационными и технологическими качествами. В чистом виде ТНТ широко применяется для изготовления осколочных и осколочно-фугасных боеприпасов, а также для изготовления подрывных зарядов и детонаторов.

Остальные БВВ, ввиду их повышенной чувствительности и неудовлетворительных технологических качеств, в чистом виде применяются ограниченно, особенно для снаряжения боеприпасов. Чистый тетрил применяется для изготовления детонаторов. Чистые тэн, тетрил, гексоген применяются во вторичных зарядах капсюлей – детонаторов, а также в детонирующем шнуре.

В большинстве боеприпасов эти взрывчатые вещества применяются исключительно в смесевых композициях.

Бризантные взрывчатые смеси

Бризантные взрывчатые смеси (смесевые БВВ) – это сложные взрывчатые системы, содержащие несколько взрывчатых или невзрывчатых компонентов, в виде механичексих смесей или сплавов.

Различные условия применения ВВ и многообразие выполняемых боеприпасами задач предъявляют к ВВ различные требования, которым индивидуальные ВВ не могут удовлетворять в полной мере. Поэтому на практике более широко применяются не индивидуальные ВВ, а смесевые,

содержащие различные компоненты и добавки, благодаря чему представляется возможность создавать взрывчатые системы с необходимыми взрывчатыми, технологическими и эксплуатационными свойствами.

Применение смесей и сплавов индивидуальных ВВ вызвано необходимостью улучшения технологических качеств системы.

Например, такие высококачественные ВВ, как гексоген и тэн, плавятся с разложением, поэтому они абсолютно непригодны для снаряжения боеприпасов методом заливки. Применяя смесь (или сплав) тэнового ВВ с другим ВВ, которое плавится без разложения (например, ТНТ), можно изготовлять разрывные заряды методом заливки, что особенно важно для крупных боеприпасов, снаряжаемых преимущественно запивкой.

Естественно, что использование смесей и сплавов ВВ позволяет также регулировать их энергетику и чувствительность путем изменения соотношения и природы компонентов.

Наибольшее распространение для снаряжения боеприпасов имеют смеси и сплавы тротила (ТНТ) с гексогеном, имеющие сокращенное обозначение ТГ и известные под названием гексолитов. Процентный состав компонентов и основные характеристики гексолитов приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13

Сплавы тротила с гексогеном (гексолиты)

Наименование (шифр) смеси	Состав компонентов, %		Плотность ρ_0, кг/м^3	Скорость детонации D, м/с	Теплота взрыва Q_V, кДж/кг	Фугасность ΔW,см^3	Бризантность ΔH, мм	Чувствительность к удару, % взрывов
	Тротил	Гексоген						
ТГ-20	20	80	-	8170	5154	460	22,7	48
ТГ-30	30	70	-	7900	5112	420	-	-
ТГ-40	40	60	-	7800	5028	400	22,7	36
ТГ-50	50	50	1700	7600	4777	430	22,7	24
ТГ-60	60	40	1670	7500	4609	350	22,2	22
ТГ-70	70	30	-	-	4525	350	20,0	8…12

Свойства смесей ТГ определяются свойствами каждого компонента и соотношением компонентов в системе.

По взрывным характеристикам занимают промежуточное состояние между ТНТ и гексогеном. Благодаря ТНТ смеси ТГ имеют хорошую прессуемость и обладают литьевыми свойствами, что позволяет использовать заливку и прессование для снаряжения боеприпасов этими смесями.

Применяются смеси ТГ для снаряжения кумулятивных и фугасных боеприпасов, а также для изготовление детонаторов.

Тротил – гексогеновые смеси находят широкое применение в армиях США и их союзников для снаряжения бронебойных, кумулятивных и других видов боеприпасов. Так в США используется смесь ВВ, близкая по составу к отечественной смеси ТГ-40.

Освоение октогена привело к появлению смесей октогена с тротилом (ТНТ) получивших название *октолы.* При аналогичном составе и близких взрывчатых характеристиках октолы по сравнению с гексолитами имеют более высокую термическую стойкость.

Кроме гексолитов и октолов, известны также другие смеси, в которых технологической основой является тротил (табл. 2.14).

Таблица 2.14

Смеси индивидуальных ВВ на основе тротила

Наименование (шифр) смеси	Состав компонентов, %				Плотность ρ_0, кг/м^3	Скорость детонации D, м/с	Теплота взрыва Q_V, кДж/кг	Фугасность ΔW,см^3	Бризантность ΔH, мм	Чувствительность к удару, % взрывов
	Тротил	Тэн	Динитронафталин	Эдна						
ТД-50	50	-	50	-	1540	5750	-	222	13,5	0…6
ТД-60	60	-	40	-	1500	5930	-	244	17,1	-
Эднатол	51	-	-	49	-	7400	4400	350	-	-
Пентолит 50	50	50	-	-	1680	7700	5028	406	20,8	48

Смесь тротила (ТНТ) с динитронафталином применяется в осколочных и осколочно-фугасных боеприпасах (чаще - минах) сталистого чугуна.

Помимо двойных смесей ВВ могут применяться и трехкомпонентные составы, например смесь ГТТ (гексоген, тротил, тетрил), состоящая из 75% гексогена, 12,5% тротила, 12,5% тетрила.

Пентолит-50 – смесь тротила с тэном применяется в армии США для снаряжения кумулятивных боеприпасов.

Флегматизация бризантных ВВ осуществляется с целью понижения чувствительности вещества до безопасного уровня. В качестве флегматизаторов применяются легкоплавкие вещества: парафин, церезин-стеариновый сплав, оксизин, галовакс. Наиболее часто во флегматизированном виде применяется гексоген, октоген, тэн, а также некоторые более сложные системы, содержащие, например, два ВВ.

Гексоген флегматизируется (табл. 2.15) церезин-стеариновым сплавом в соотношении 3:2 с добавкой 1-2% красного красителя для отличия флегматизированного продукта по внешнему виду.

Таблица 2.15

Флегматизированные смеси тротила и гексогена

Наименование (шифр) смеси	Состав компонентов, %				Плотность ρ_0, кг/м^3	Скорость детонации D, м/с	Теплота взрыва Q_V, кДж/кг	Фугасность ΔW,см^3	Бризантность ΔH, мм	Чувствительность к удару, % взрывов
	Тротил	Гексоген	Тэн	Флегматизатор						
А-IX-1 (флегматизированный гексоген)	-	95	-	5,0	1600	8000	5237	440	-	25…35
ТН (флегматизированный тэн)	-	-	95	5,0	1620	7900	-	500	20,5	75
«В» (США)	39,5	59,5	-	1,0	-	7650	5028	400	-	-

Гексоген флегматизируется также оксизином имеющим более высокую температуру плавления. При содержании 5% оксизина смесь имеет такие же характеристики, как А-1Х-1., но обозначается ГЕКФОЛ-5.

Тэн флегматизируется парафином (см.табл. 8.4). Такая смесь применяется для изготовления детонаторов и в качестве вторичного заряда капсюлей-детонаторов.

Там, где требуются ВВ с повышенной термической стойкостью, используется флегматизированный октоген - окфол, содержащий 2-2,5% флегматизатора и имеющий существенно более высокие энергетические характеристики, чем смесь А-1Х-2.

Известно значительное количество металлосодержащих взрывчатых смесей, среди которых наибольшее распространение имеют смеси на основе гексогена или гексогена и тротила (табл. 2.16).

Введение металлических горючих в состав смесей повышает работоспособность продуктов взрыва за счет увеличения теплоты и температуры взрыва. Несмотря на происходящее при - этом уменьшение удельного объема продуктов взрыва, фугасность ВВ существенно возрастает. Наиболее широко в качестве металлического горючего используется алюминий, который вводится в состав смеси в виде порошка, или пудры (15-20%).

Как видно из таблицы 2.16, металлосодержащие смеси могут иметь в своем составе флегматизатор, поскольку металлическое горючее является сенсибилизирующим (повышающим чувствительность ВВ) компонентом.

Применяются металлосодержащие смеси для снаряжения бронебойных и осколочных, зажигательных снарядов (А-1Х-2, ТГА), фугасных боеприпасов крупного калибра (ТГАГ-5, МС, ТГА) авиабомб, инженерных

боеприпасов, мин, торпед. В США смеси ТГА известны под шифром HBX и применяются в тех же целях, что и отечественные ТГА.

Таблица 2.16

Металлосодержащие смеси тротила и гексогена

Наименование (шифр) смеси	Состав компонентов, %				Плотность ρ_0, кг/м^3	Скорость детонации D, м/с	Теплота взрыва Q_V, кДж/кг	Фугасность ΔW,см^3	Бризантность ΔH, мм	Чувствительность к удару, % взрывов
	Тротил	Гексоген	Алюминий	Флегматизатор						
А-IX-2	-	75	20	5,0	1680	7800	6285	550	22	40…50
ТГАГ-5	60	24	16	5,0*	1720	7300	3855	420	17	-
МС	19	57,6	17	6,4	1650	7030	6913	480	22	-
ТГА (или торпексы или триалены)	70	15	15	-	1720	6960	-	-	-	24
	50	25	25	-	1850	7680	-	397	-	24
	50	20	30	-	1800	7400	-	-	-	24
	58	19	17	6,0	1650	7000	-	490	22	30…40
ТА (тритонал)	80	-	20	-	-	6800	5447	430	-	-

* - сверх 100%

Пластичные БВВ (табл. 2.17) представляют собой взрывные смеси, легко деформирующиеся от незначительных усилий и сохраняющие приданную им форму неограниченное время в условиях эксплуатационных температур.

Таблица 2.17

Пластичные бризантные ВВ

Наименование (шифр) смеси	Состав компонентов, %						Плотность ρ_0, кг/м^3	Теплота взрыва Q_V, кДж/кг	Скорость детонации D, м/с	Фугасность ΔW,см^3	Бризантность ΔH, мм	Чувствительность к удару, % взрывов
	Тротил	Гексоген	Связка	Коллоксилин	Нитроглицерин	Алюминий						
(ПВВ-4)	-	80	20	-	-	-	1400	3855	7000	290	16	24
(ПВВ-7)	-	73	10	-	-	17	1550	6285	7000	-	16	35…56
Без названия	20	45	-	5	20	10	1700	-	7000	415	-	70

В данных смесях применяются гексоген, октоген, тзн. Пластификаторами могут быть олива, каучуки, смолы или нитраты целлюлозы (коллоксилин).

Значительный интерес пластичные ВВ представляют в качестве разрывных зарядов фугасных и бронебойно-фугасных боеприпасов.

При ударе о преграду корпус боеприпаса деформируется или разрушается, что приводит также к деформации разрывного заряда, но без его разрушения.

Вследствие этого увеличивается площадь контакта ВВ с поверхностью цели и повышается эффективность её поражения. При значительной толщине брони применение пластичных ВВ существенно увеличивает откольное действие боеприпасов (образование поражающих осколков с тыльной стороны брони без ее сквозного пробития.

Аммонийно - селитренные смеси БВВ (аммониты) представляют собой механические смеси аммонийной (аммиачной) селитры NH_4NO_3, являющейся окислителем, с различными горючими, в качестве которых могут быть использованы как взрывчатые так и невзрывчатые вещества.

Применение аммонитов обуславливается причинами чисто экономическими, так как аммонийная селитра производится в огромных количествах и является дешевым веществом.

Аммонийная (аммиачная) селитра (нитрат аммония NH_4NO_3) – это бесцветное кристаллическое вещество, гигроскопичное, очень хорошо растворяющееся в воде с сильным понижением температуры раствора.

Взрывается, особенно в смеси с металлическими порошками, при использовании промежуточных детонаторов из более чувствительных ВВ (например тротила). К ударам малочувствительна.

Самое распространенное азотное удобрение. При хранении в больших количествах, например на полях, отмечены случаи взрыва от удара при попытке разрыхления. При нагревании выше 160^{o}C разлагается с выделением преимущественно закиси азота с примесью других оксидов.

В зависимости от состава различают следующие классы аммонитов (табл. 2.18): аммотолы, содержащие аммиачную селитру и тротил; шнейдериты, содержащие аммиачную селитру и динитронафталин; беллиты, содержащие аммиачную селитру и динитробензол; аммоналы, содержащие аммиачную селитру, какое либо ВВ и порошок алюминия; динаммоны, содержащие аммиачную селитру и невзрывчатое вещество.

Наибольшее применение в военном деле имеют аммотолы, а реже используются шнейдериты.

Аммонийная (аммиачная) селитра является основным компонентом аммонитов (см. табл. 8.7). Содержание её в смесях составляет от 40 до 80% и более. В связи с этим свойства аммонитов определяются свойствами аммонийной селитры NH_4NO_3, которая хорошо растворима в воде, является сильно гигроскопичным и химически недостаточно стойким веществом.

Эти же свойства в большей или меньшей степени (это зависит от конкретного состава) характерны для аммонитов. Поэтому аммониты не рассчитаны на длительное хранение и для снаряжения артиллерийских боеприпасов применяются лишь в военное время.

При этом обязательно надежная герметизация разрывных зарядов, например тротиловой «пробкой».

Таблица 2.18

Смеси аммонийной селитры (аммониты)

Наименование (шифр) смеси	Состав компонентов, %				Плотность ρ_0, кг/м^3	Теплота взрыва Q_V, кДж/кг	Скорость детонации D, м/с	Фугасность ΔW,см^3	Бризантность ΔH, мм	Чувствительность к удару, % взрывов
	Аммонийная селитра	Тротил	Динитро-нафталин	Алюминий						
Аммотол А-80	80	20	-	-	1400	4064	5200	350…400	12…13	20…30
Шнейдерит (Ш)	88	-	12	-	-	3855	5100	370	9…14	16…18
Аммонал	82	12	-	6	-	4944	5100	440	12…14	-

Состав аммонитов определяется главным образом их конкретным назначением и способом снаряжения.

Так, осколочно-фугасные снаряды среднего калибра (100... 122мм) и мины снаряжаются в основном аммотолами А-50 и Д-30 или шнейдеритом, а фугасные снаряды крупного (152мм) калибра, мины, авиабомбы снаряжаются так называемыми высокопроцентными аммотолами А-30, А-50 способом заливки. Если заряд аммотола герметизирован тротиловой «пробкой», то он имеет шифр "АТ" (например, АТ-30).

2.5. РАЗНОВИДНОСТИ МАРКИРОВКИ БОЕПРИПАСОВ И ШИФР ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА

Общие технические требования к маркировке боеприпасов

Маркировка боеприпасов – совокупность знаков и надписей, характеризующих боеприпасы и их элементы. Маркировку наносят на наружную поверхность боеприпасов, их элементов и тару.

По своему назначению маркировка подразделяется на: опознавательную; вспомогательную и дублирующую.

Опознавательная маркировка позволяет определить наименование, действие, особенности устройства или боевого применения и другие характеристики боеприпасов, необходимые для войск и служб снабжения.

К опознавательной маркировке относятся: наименование боеприпасов; индекс боеприпасов или их элементов; калибр боеприпасов; сокращенное наименование артиллерийской или другой системы; знак массы; марка

взрывателя; надписи, указывающие на пригодность выстрела только для определенной системы данного калибра; отличительная окраска.

<u>К вспомогательной маркировке</u> относятся знаки маркировки, необходимые для правильной организации хранения, контроля за качественным состоянием, транспортировки боеприпасов и их элементов, а именно: номер партии; год изготовления, снаряжения, сборки или ремонта; шифр механического, снаряжательного заводов, артиллерийского арсенала (базы); *шифр взрывчатого, дымообразующего или другого вещества*; сведения о порохах и метательных зарядах; сведения о взрывателях и средствах воспламенения; количество изделий в таре и масса тары с изделиями; номер плавки металла; знак опасности, классификационный шифр, серийный номер ООН (номер разряда опасности) груза, манипуляционный знак.

<u>К дублирующей маркировке</u> относятся знаки маркировки, наносимые способом давления или ударным способом и обозначающие: *шифр взрывчатого, дымообразующего или другого вещества*; знаки массы и другие производственные данные боеприпасов.

Эти знаки маркировки необходимы для восстановления важнейшей опознавательной и вспомогательной маркировки в случае ее стирания.

На элементы боеприпасов и тару знаки маркировки, как правило, наносят маркировочными красками черного цвета. На оксидированные или окрашенные в черный цвет поверхности боеприпасов маркировку наносят красками белого цвета. При нанесении маркировки способом давления или ударным способом глубина знаков должна быть не более 0,3 мм.

Знаки маркировки и клейма наносят на боеприпасы и тару типографским шрифтом литературной гарнитуры Л I (прямая нормальная светлая) по ГОСТ или стандартным шрифтом по ГОСТ без наклона. Применять буквы чертежного шрифта и нарушать сплошность обводки знаков маркировки, наносимых на боеприпасы, запрещается.

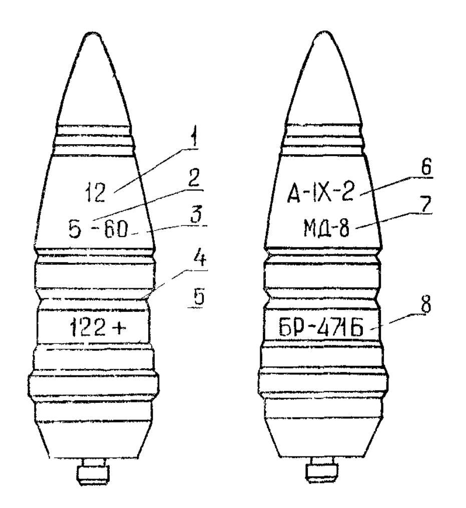
Маркировка должна быть нанесена четко и аккуратно, свободно читаться и прочно держаться на поверхности элементов боеприпасов при их эксплуатации в любых климатических условиях.

<u>Порядок чтения маркировки</u> на снарядах осуществляется в следующей последовательности: сначала называется калибр снаряда; затем тип снаряда и его индекс; знак массы снаряда; сведения об отличительной окраске; чем снаряжен (шифр взрывчатого вещества); сведения о снаряжении (завод, партия, год); каким взрывателем укомплектован (для бронебойных калиберных, кумулятивных и т.п.);

Например (рис. 2.39), 122-мм бронебойно – трассирующий калиберный снаряд с баллистическим наконечником индекса БР-471Б со знаком массы один «+», ***снаряженный флегматизированным гексогеном с добавлением 20% алюминиевой пудры (А-IX-2)*** на 12 заводе 5-ой партией в 1960 году, укомплектован донным взрывателем марки МД-8.

Рис. 2.39. Маркировка на снаряде:

1 – номер снаряжательного завода;
2 – номер партии снаряжения;
3 – год снаряжения;
4 – калибр снаряда;
5 – массовый (весовой) знак;
6 – шифр взрывчатого вещества;
7 – марка взрывателя;
8 – сокращенный индекс снаряда.



Примеры шифра основных взрывчатых веществ

- Т – тротил (тринитротолуол – ТНТ).
- Тетр – тетрил.
- Г – гексоген.
- ОК – октоген.
- Э - эдна
- ТГ–20: «гексолит» сплав тротила (20%) с гексогеном (80%).
- ТГ–30: «гексолит» - сплав тротила (30%) с гексогеном (70%).
- ТГ–40: «гексолит» - сплав тротила (40%) с гексогеном (60%).
- ТГ–50: «гексолит» - сплав тротила (50%) с гексогеном (50%).
- ТГ–60: «гексолит» - сплав тротила (60%) с гексогеном (40%).
- ТГ–70: «гексолит» - сплав тротила (70%) с гексогеном (30%).
- ТГАГ–5: смесь тротила (60%), гексогена (24%), алюминиевого порошка (16%) флегматизированная головаксом (5% сверх 100%).
- ТГАФ–5: смесь тротила (60%), гексогена (24%), алюминиевого порошка (16%) флегматизированная другим флегматизатором (5% сверх 100%).
- ТГА–15: «торпекс» - смесь тротила (70%), гексогена (15%) и алюминиевого порошка (15%).
- ТГА–25: «торпекс» - смесь тротила (50%), гексогена (25%) и алюминиевого порошка (25%).
- ТГА–30: «торпекс» - смесь тротила (50%), гексогена (20%) и алюминиевого порошка (30%).
- Циклотон 75/25: сплав гексогена (75%) и тротила (25%).
- МС: «морская смесь» тротила (19%) с гексогеном (57,6%) и алюминиевой пудрой (17%) флегматизитрованная (флегматизатора - 6,4%).
- ТОКАФ: смесь тротила (18%), октогена (60%), алюминиевого порошка (17%) флегматизированная церезином (5%).
- ТОК–20: смесь тротила (20%) и октогена (60%).
- Октол 77: смесь октогена (77%) и тротила (23%).
- ТТ –50: «пентолит» смесь тротила (50%) и тэна (50%).

- ТЭ: «эднатол» смесь тротила (51%) и эдны (49%).
- К-2: сплав тротила (80%) с динитронафталином (20%).
- К-2-90: сплав тротила (90%) с динитронафталином (10%).
- К-2-70: сплав тротила (70%) с динитронафталином (30%).
- ТД–50: смесь тротила (50%) с динитронафталином (60%).
- ТД–60: смесь тротила (60%) с динитронафталином (40%).
- ТДУ: смесь тротила с динитронафталином и дымоблескоусилителем.
- ГТТ: смесь гексогена (75%), тротила (12,5 %) и тетрила (12,5%).
- А–IX–1: гексоген (95%) флегматизированный церезин-стеариновым сплавом (5%).
- А–IX–2: смесь гексогена (75%) с алюминиевым порошком (20%), флегматизированная церезин-стеариновым сплавом (5%).
- А–IX–10: «гекфол-5» гексоген (95%), флегматизированная оксизином (5%).
- А–IX–20: смесь гексогена (75%) с алюминиевым порошком (20%), флегматизированная оксизином (5%).
- А-3: смесь гексогена (91%), флегматизированная воском (9%).
- ПВВ4: «пластит №4» смесь гексогена (80%), пластифицированная каучуковой связкой (20%).
- ПВВ7: «пластит №7» смесь гексогена (73%) с алюминиевым порошком (17%), пластифицированная каучуковой связкой (10%).
- ТА–80: «тритонал» смесь тротила (80%) с алюминиевой пудрой (20%).
- Л: смесь тротила (95 %) и ксилила (5%).
- Окфол-5: октоген (95%), флегматизированный оксизином (5%).
- ТН: тэн (95%), флегматизированный парафином (5%).
- А–40: «аммотол» смесь аммонийной селитры (40%) и тротила (60%).
- А–80: «аммотол» смесь аммонийной селитры (80%) и тротила (20%).
- АТ-40: «аммотол» смесь аммонийной селитры (40%) и тротила (60%), герметизированная тротиловой пробкой.
- АТФ–40: «аммотол» с тротиловой пробкой, обработанный поверхностно – активным веществом.
- Ш: «шнейдерит» смесь аммонийной селитры (88%) с динитронафталином (12%).
- ШТ: «шнейдерит» смесь аммонийной селитры с динитронафталином, герметизированная тротиловой пробкой.
- «Аммонал»: смесь аммонийной селитры (82%) тротила (18%) и алюминиевого порошка (6%).
- ГНДС – гексанитродифенилсульфат ($C_{12}H_4N_6\ SO_{12}$).
- НТФА – нонанитротрифениламин ($C_{18}H_6N_{10}\ O_{18}$).
- Доденит - $C_{12}H_6N_{12}\ O_{24}$;
- Н – бистетрин;
- Б – бистринитроэтилнитроамин.

- М – метилтринитроэтилнитроамин.
- О – тринитроэтиловый эфир тринитромасляной кислоты.
- К – метиленбистронитроэтиловый эфир.

2.6. СНАРЯЖЕНИЕ БОЕПРИПАСОВ

Разрывной заряд – это определённое количество ВВ в виде изделия, имеющего необходимую плотность. Форму и размеры, предназначенное для совершения разрушительной работы.

По применению (назначению) разрывные заряды разделяются на три группы:
– боеприпасные заряды являются конструктивным элементом различных боеприпасов (снарядов, мин и т.д.);
– подрывные – это конструктивные элементы подрывных средств и инженерных боеприпасов;
– специальные заряды имеют вспомогательное назначение в специальных боеприпасах (дымовых, ядерных и т.п.).

Независимо от вида и назначения к разрывным зарядам предъявляются следующие требования: высокая эффективность действия; безотказность действия и безопасность в служебном обращении; физическая и химическая стойкость, химическая инертность к материалу оболочки; невысокая себестоимость готовых изделий.

К разрывным зарядам, применяемым в боеприпасах с большими начальными скоростями и высокими скоростями встречи с преградой, предъявляются дополнительные требования: стойкость к действию инерционных сил в момент выстрела и при ударе боеприпаса в преграду; отсутствие возникающего влияния на характер траектории при полете изделия.

Высокая эффективность действия разрывных зарядов достигается выбором ВВ соответствующими энергетическими характеристиками, а также массой и плотностью заряда.

Требование безотказности действия и безопасности в служебном обращения обеспечивается применением ВВ с определённой чувствительностью, а также конструкцией боеприпаса в целом.

Физическая и химическая стойкость разрывных зарядов зависит, прежде всего, от природы ВВ. Кроме того, принимаются дополнительные меры, такие как герметизация ВВ, хранение в определенных и стабильных условиях, изоляция ВВ от материала оболочки.

Требование стойкости к действию инерционных сил диктуется необходимостью исключить преждевременные взрывы при выстреле и удара боеприпаса о преграду. При этом преждевременный взрыв в момент выстрела неизбежно имеет катастрофические последствия – гибель людей, вывод из строя материальной части оружия, а в момент удара

преждевременный взрыв – это изменение действия боеприпаса (например, вместо фугасного – осколочное).

Основными дефектами разрывного заряда, которые могут быть очагами преждевременных взрывов, являются: пустоты (раковины, воздушные включения), трещины, неравномерность плотности или кристаллической структуры, флегматизации ВВ. Кроме того преждевременные разрывы могут происходить, если между разрывным зарядом и дном зарядной камеры имеется зазор. Резкое смещение заряда под действием сил инерции сопровождается ударом его по дну камеры – при этом возможен взрыв. Кроме того, при смещении заряда происходит сильный (до 1000…1500ºС) нагрев находящегося в зазоре воздуха. Такой разогрев может служить причиной воспламенения и взрыва ВВ при выстреле. Воспламенение и взрыв ВВ возможны также вследствие трения о стенку камеры при продольном смещении разрывного заряда. По этим причинам снаряжение и сборка боеприпасов производятся таким образом, чтобы исключить зазоры и возможность любого перемещения заряда.

Снаряжение боеприпасов - это совокупность технологических операций по изготовлению разрывных зарядов, закреплению их в зарядных камерах и приведению боеприпасов в состояние, пригодное для боевого применения и длительного хранения.

Существуют три основных способа изготовления разрывных зарядов (снаряжения боеприпасов): заливка расплавленным ВВ; прессование сыпучих ВВ; шнекование порошкообразных ВВ.

На практике применяются различные разновидности этих способов, такие как кусковая и вибрационная заливка, порционное и вибрационное прессование. Разрывной заряд может быть изготовлен либо непосредственно в камере боеприпаса (нераздельное снаряжение), либо в специальной форме с последующим закреплением в зарядной камере (раздельное снаряжение).

При выборе конкретного метода, снаряжения определяющими факторами являются свойства ВВ (прессуемость, температура плавления, температура разложения, чувствительность); характеристики снаряжаемого изделия (калибр, конструкция, вид изделия) и технико-экономические показатели (качество разрывных зарядов, производительность процесса).

С учетом приведенных факторов способы снаряжения имеют достаточно четкое разделение по применению (табл. 2.19).

При снаряжении любым методом боеприпасы могут быть доведены до разной степени их готовности к боевому применению. В этой связи различают неокончательное снаряжение и окончательное снаряжение.

В первом случае боеприпасы, сходящие с потока снаряжения, не имеют взрывательного устройства или их элементов. Вместо них ввертываются холостые пластмассовые втулки (пробки).

Окончательно снаряжаются бронебойные и бетонобойные снаряды. Все другие виды боеприпасов окончательному снаряжению подвергаются на базах, складах и арсеналах.

Таблица 2.19

Способ снаряжения	Снаряжаемые изделия	Применяемые ВВ	Примечание
Заливка	▪ снаряды калибра 152мм и выше. ▪ мины калибра 160мм и выше. ▪ авиабомбы среднего и большого калибра. ▪ боевые части ракет.	Тротил, ТГ, аммотолы (А-40, А-50), МС, ТГА, Пентолиты	Возможно снаряжение боеприпасов малых и средних калибров
Прессование	▪ снаряды калибра 23 ...122мм. ▪ бронебойные снаряды. ▪ ручные гранаты. ▪ инженерные боеприпасы. ▪ детонаторы.	Тротил, ТГ, А-1Х-1, А-1Х-2, Тетрил, ТН	Зарядные камеры должны быть без поднутрения
Шнекование	▪ снаряды калибра 100...152мм. ▪ мины калибра 82....240мм. ▪ авиабомбы малого и среднего калибра.	Тротил, Аммотолы, Шнейдерит, ТД	Допускается небольшое поднутрение зарядных камер

Снаряжение боеприпасов заливкой

Заливка – это процесс изготовления разрывных зарядов путем расплавления ВВ, наполнения расплавленным ВВ корпусов боеприпасов или других форм и последующего затвердевания с превращением в монолитную массу по форме занимаемого объема.

Для снаряжения заливкой пригодны ВВ, плавящиеся без разложения и выдерживающие перегрев на 20…25°С выше температуры плавления. Такими ВВ являются (см.табл. 2.19): ТНТ, динитробензол, динитронафталин и смеси на их основе (ТГ, ТД, аммотолы, ТГА).

Процесс охлаждения и затвердевания расплава естественный путем протекает крайне медленно из-за малой теплопроводности ВВ. Вследствие этого скорость образования центров кристаллизации оказывается существенно меньше скорости роста самих кристаллов и заряды получаются крупнокристаллической структуры, что нежелательно.

Для получения разрывных зарядов мелкокристаллического строения и высокой плотности расплавленное ВВ, до заливки его в изделие, подвергают предварительной кристаллизации, т.е. насыщают некоторым количеством твердой фазы.

Кристаллизация выполняется одним из двух способов: ускоренным механическим перемешиванием расплава, благодаря чему повышается интенсивность охлаждения ВВ, что приводит к увеличению скорости образования центров кристаллизации либо смешиванием в определенном соотношении жидкого ВВ с кристаллами или чешуйками того же ВВ.

По первому способу предварительная кристаллизация происходит до содержания твердой фазы 5…6% (до «первого кристалла»), либо до 12…13% (до «второго кристалла»). До «первого кристалла» - при снаряжении относительно небольших изделий, до «второго кристалла» - при снаряжении крупных изделий.

О степени кристаллизации (густоте расплава) судят по растеканию пробы ВВ на металлической пластинке.

Так как при затвердевании ВВ плотность его возрастает по сравнению с расплавленным, то объем соответственно уменьшается. При этом в разрывном заряде образуется усадочная воронка или раковина - один из наиболее опасных дефектов. С целью предупреждения этого дефекта заливка всегда производится с применением прибыльных (заливочных) воронок (рис. 2.40).

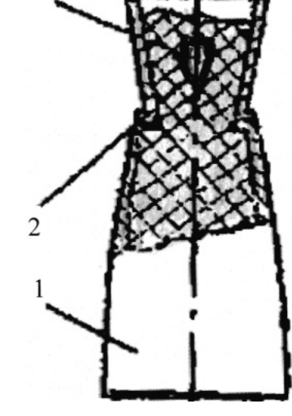


Рис. 2.40. Заливка с прибыльной воронкой:
1 – корпус боеприпаса;
2 – прибыльная воронка;
3 – усадочная раковина.

Расплав ВВ заполняет зарядную камеру и воронку так, чтобы происходящее при охлаждении уменьшение объёма ВВ в камере компенсировалось поступлением расплава из прибыльной воронки. Благодаря этому усадочная раковина образуется не в заряде, а в массе ВВ, заполняющей прибыльную воронку.

При охлаждении расплава в нем задерживается воздух в виде мелких пузырьков («сыпь»), а вследствие неравномерного температурного поля по сечению заряда в нем возникают внутренние напряжения, которые могут вызвать образование трещин в заряде.

Удаление воздуха достигается путём периодического перемешивания расплава в процессе его охлаждения («ухаживание» за расплавом). Более эффективным средством удаления воздуха является вакуумирование расплава и зарядных камер (вакуум-заливка).

Предотвращение образования трещин обеспечивается созданием температурного режима при заливке, исключавшего большую неравномерность остывания и слишком быстрое охлаждение ВВ.

С этой целью корпуса изделий перед заливкой, особенно в холодное время, подогреваются, а при заливке устанавливаются в заливочные обогреваемые ванны.

После наполнения и затвердевания расплава изделия выстаиваются до полного охлаждения естественным путем. Время выстаивания может составлять, в зависимости от калибра, от 30 мин. до 200 час.

Снаряжение боеприпасов прессованием

Прессование есть процесс обработки давлением сыпучих материалов с целые уплотнения до монолитного состояния придания требуемой формы и изменения механических свойств. Для прессования применяется прессовый инструмент, состоящий из матрицы, пуансона и поддона (рис. 2.41). При прессовании непосредственно в корпус боеприпаса комплект прессового инструмента не содержит поддона (рис. 2.42).

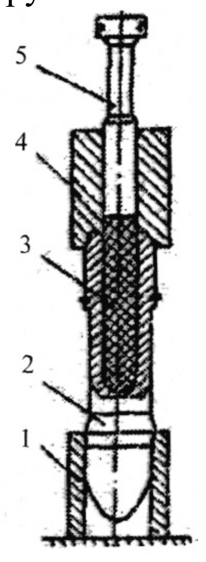


Рис. 2.41. Прессовый инструмент для прессования шашек:
1 – поддон; 2 – матрица; 3 - ВВ; 4 – пуансон.

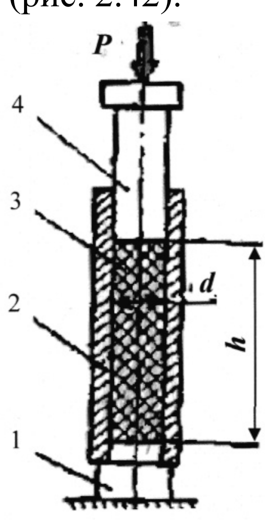


Рис. 2.42. Схема прессования ВВ в корпус боеприпаса:
1 – подставка; 2 – корпус снаряда; 3 – ВВ; 4 – матрица; 5 – пуансон.

Пресс – инструмент изготовляется из углеродистых, углеродистых азотированных или хромистых сталей. Рабочие размеры инструмента выполняется с большой точностью, а рабочие поверхности обрабатываются по высокому классу чистоты (не ниже 9…10 класса). Усилие на ВВ от пресса передается через пуансон, который, перемещаясь, уплотняет взрывчатое вещество.

Вследствие трения частиц ВВ между собой и о стенку матрицы давление на ВВ по высоте уменьшается, что приводит к неравномерности плотности заряда. Разброс плотности может достигать 50…100 кг/м^3. Для уменьшения этого разброса применяют двустороннее, вибрационное, порционное прессование. А для снижения трения ВВ о рабочие поверхности инструмента их покрывает парафином, вазелином, графитом пудрой и т.п.

Качество прессованных зарядов определяется прессуемостью ВВ, т.е. способностью под действием давления из сыпучего состояния превращаться в монолитные прочные тела требуемой формы.

Прессуемость ВВ зависит от различных факторов, главными из которых являются природа ВВ, примеси к ВВ, размеры частиц (кристаллов), прочность этих частиц и начальная температура.

При одинаковых условиях прессования разные ВВ прессуются до различной плотности и прочности. Так, при давлении р=200 Мпа и температуре t =+20ºС получаются заряды из тротила плотностью 1580 кг/см^3, из тетрила плотностью 1620 кг/см^3, из пикриновой кислоты плотностью 1650 кг/см^3. Эти различия определяются разными значениями плотности ВВ (различная природа ВВ).

Примеси (добавки) могут улучшать или ухудшать прессуемость ВВ. Вещества, применяемые в качестве флегматизаторов (парафин, воск), улучшают прессуемость за счет уменьшения трения между частицами ВВ в процессе прессования, чем обеспечивают более прочное сцепление частиц.

Увеличение размеров частиц (кристаллов) улучшает прессуемость, так как под действием давления крупные частицы легче разрушаются, чем обеспечивается их более плотная упаковка. Повышенная прочность кристаллов отрицательно сказывается на прессуемости, что подтверждается примером тэна, гексогена и октогена.

Повышение начальной температуры улучшает прессуемость ВВ, что обусловлено во-первых уменьшением прочности кристаллов, во-вторых, появлением жидкой фазы (оплавление ВВ), которая выполняет роль смазки, снижает трение между частицами ВВ. Поэтому некоторые ВВ перед прессованием подогреваются: тротил – до 30…40ºС, тетрил – до 40…45ºС.

Плотность и прочность прессованных зарядов существенно зависит от давления прессования. С повышением давления происходит увеличение плотности и прочности зарядов. Наиболее существенное увеличение плотности имеет место до давления *p*=200 Мпа. При достижении и превышении некоторого, характерного для данного ВВ, давления прессования разрывные заряды получаются с трещинами. Вследствие этого реальная плотность прессованных зарядов должна быть несколько ниже той, которая может быть достигнута при прессовании (табл. 2.20).

На качество прессованных зарядов существенно влияет режим прессования: характер подъёма давления и выдержка ВВ под давлением. Плотность и прочность зарядов увеличивается, а склонность к растрескиванию уменьшается, если прессование производится при плавном нарастании давления и в момент достижения его рабочего значения делается выдержка несколько (3…5) секунд.

Для прессования ВВ применяются гидравлические прессы различной мощности развивающие усилия от 25 до 1000 т.

Таблица 2.20

Значения плотности ВВ при прессовании

Взрывчатое вещество	плотность, кг/см^3	
	достижимая	реальная
А-IX-2	1820	1760
А-IX-1	1690	1650
Тетрил	1700	1630
Тэн флегматизированный	1670	1640

Снаряжение боеприпасов шнекованием

Способ шнекования состоит в том, что порошкообразное сыпучее ВВ непрерывно подается в зарядную камеру и непрерывно уплотняется вращающимся винтовым инструментом *шнек-винтом* (рис. 2.43).

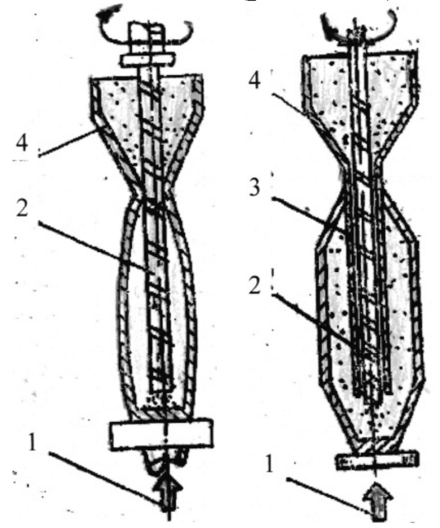


Рис. 2.43. Снаряжение боеприпасов шнекованием:
1 – противодавление;
2 – шнек-винт; 3 – трубка;
4 – бункер.

Взрывчатое вещество, находящееся в бункере, при вращении шнек-винта захватывается его витками и подается в зарядную камеру. До заполнения свободного объема камеры ВВ уплотнение его практически не происходит. К концу исполнения камеры плотность ВВ обычно не превышает 800…1150 кг/см^3.

Если бы корпус изделия имел возможность свободного продольного перемещения, то после заполнения свободного объема камеры и при продолжающейся подаче ВВ началось бы «сползание» корпуса со шнек-винта и заполнение освобождающегося объема ВВ без его уплотнения.

Чтобы обеспечить необходимое уплотнение ВВ, в схеме шнекования предусмотрено создание противодавления, препятствующего свободному перемещению корпуса. Противодавление может быть создано либо путей механического торможения корпуса, либо с помощью гидравлической системы, снабженной клапаном открывающимся при достижении заданного давления шнек-винта на ВВ. Обычно используется

гидравлическая, заполненная водой, система противодавления работающая более плавно и точно.

При наличие противодавления в корпус, остающийся неподвижным, продолжает поступать ВВ, но поступление очередных порций его возможно лишь при уплотнении, т.е. уменьшении объёма, занимаемого ВВ.

По мере уплотнения ВВ давление шнек-винта на него возрастает, а при достижении требуемой величины преодолевает сопротивление системы противодавления, и корпус изделия начинает сходить с винта. Для обеспечения непрерывной подачи ВВ корпус опускается вместе с бункером, либо неподвижный бункер снабжается трубкой, по которой поступает ВВ в камеру отходящего корпуса.

Обычно при шнековании давление шнек-винта на ВВ не превышает $5*10^7$Па (50 МПа).

Процесс уплотнения ВВ при шнековании сопровождается трением ВВ о поверхность винта и трением частиц ВВ между собой. Благодаря этому происходит нагрев винта до 75…120° и сплавление ВВ, что способствует его уплотнению, но одновременно увеличивает взрывоопасность процесса. Вследствие этого выбор ВВ для шнекования довольно ограничен – тротил, аммотолы, шнейдерит, ТД.

Так как при шнековании ВВ непосредственно уплотняется в зоне действия витков шнек-винта, а остальная масса - за счет передачи давления по слоям, плотность шнекованного заряда оказывается неравномерной, а структура – неоднородной по поперечному сечению.

В центральной части заряда, диаметр которого примерно равен наружному диаметру шнек-винта, плотность ВВ наибольшая,у стенок камеры – наименьшая. Так, шнекованные заряды из ТНТ, могут иметь в центральной части плотность большую 1600…1620 кг/см^3, на периферии – не выше 1450 кг/см^3, а в некоторые случаях всего 1200…1300 кг/см^3.

Поскольку изменение плотности по сечению шнекованного заряда проходят достаточно плавно, этот недостаток не представляет опасности преждевременных взрывов, но благодаря сильному снижению средней платности ВВ - уменьшается масса разрывных зарядов, что естественно сказывается отрицательно на эффективности действия боеприпасов.

Общая технология снаряжения боеприпасов

Технологический процесс снаряжения боеприпасов складывается из отдельных операций. По характеру и назначению операций техпроцесс разделяется на несколько этапов (групп операций), обычно называемых стадиями или фазами.

В общем виде технологический процесс снаряжения состоит из следующих основных фаз:

- подготовки корпусов;

- подготовки взрывчатого вещества к заполнению корпуса;
- подготовки инструмента и оборудования;
- изготовления разрывных зарядов (наполнение изделий обработка и сборка разрывных зарядов и изделий);
- окончательной отделки снаряженных изделий.

Подготовка корпусов имеет целью привести их в состояние, пригодное для наполнения взрывчатым веществом. При подготовке корпусов контролируются: качество металла корпусов, состояние окраски и лакировки, масса, основные размеры. Устранимые дефекты исправляются, поверхности зарядных камер лакируются, корпуса термостатируются или подогреваются до 40…50ºС, после чего производится их наполнение ВВ тем или иным способом. Корпуса с неустранимыми дефектами в производство не допускаются.

Содержание подготовки ВВ неодинаково для различных методов снаряжения.

При снаряжении заливкой ВВ плавится в обогреваемым паром плавильных аппаратах, после этого подвергается предварительной кристаллизации и затем заливается в изделия. Для кусковой заливки, кроме расплава, приготовляются также куски (таблетки) ВВ методом отливки или прессования.

При снаряжении методами прессования и шнекования ВВ просеивается для удаления слишком крупных частиц и посторонних предметов, а затем может быть подогрето до 30-45ºС. Подготовленное таким образом ВВ в необходимом количестве засыпается в пресс-инструмент или в бункеры шнек-аппаратов.

Все операции снаряжения выполняются с применением исправного и соответственно подготовленного инструмента, на исправном технологическом оборудовании.

После наполнения взрывчатым веществом изделия проходят фазу заключительных операций, назначение которых – приведение изделий в соответствие с чертежом и в состояние, пригодное для эксплуатации.

На этой фазе производится механическая обработка срезов разрывных зарядов, а если снаряжение раздельное, то заряды вставляются в камеры и закрепляются в них специальным составом.

В зависимости от конструкций производится соответствующая сборка боеприпасов, которая состоит в привинчивании головок, ввинчивании донных крышек и т.д. Готовые изделия взвешиваются для определения весового баллистического знака, и маркируются.

Маркировка на снаряде показывает шифр ВВ, номер снаряжателъного завода, номер партии и год снаряжения, весовой знак, калибр и индекс снаряда.

На тару (укупорку) с боеприпасами наносится маркировка, содержащая основные сведения об изделии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куренков, В.М. Руководство по эксплуатации ракетно-артиллерийского вооружения / А.В. Куренков, В.М. Суханов, П.Г. Шевченко и др.; Под редакцией Н.И. Свертилова. – М.: ГРАУ МО, 2006. – 414 с.

2. Марьин, В.К. Пороха, твердые ракетные топлива и взрывчатые вещества / В.К. Марьин, В.П. Зеленский, Б.М. Орлов и др.– М.: Воениздат, 1992. – 202 с.

3. Башкатов, В.А. Артиллерийское вооружение. Основы устройства и конструирование: Учебник для вузов / В.А. Башкатов, Т.М. Городинский, Н.Н. Донец. Под общей редакцией И.И. Жукова. – М.: Машиностроение, 1975. – 420 с.

4. Пиротехнические средства ближнего действия: Руководство службы. – М.: Воениздат. 1983.

5. 30-мм реактивные сигнальные патроны: Руководство службы. – М.: Воениздат. 1955.

6. 81-мм дымовая граната 3Д6: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Воениздат, 1980.

7. Имитационные средства СВ: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Воениздат, 1981.

8. Зеленский, В.П. Основы производства порохов и зарядов к ствольному оружию и ракетам / В.П. Зеленский. – М.: МО, 1992. – 202 с.

9. Фиошина, М.А. Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив: Учебное пособие / М.А. Фиошина, Д.Л. Русин. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. – 207 с.

10. Котосов, А.А. Отчет о научно-исследовательской работе: Систематизация информационных данных по маркировке ракет и боеприпасов наземной артиллерии и средств ближнего боя Сухопутных войск с разработкой программного обеспечения на ЭВМ. Книга 1. № 0-01-051 МП «Маркировка» / А.А. Котосов, П.Н. Дерябин и др. – Пенза: ПАИУ, 2003. – 59 с.

11. Нишпал, Г.А. Теория и практика взрывобезопасности энергоемких материалов: Монография / Г.А. Нишпал, Ю.Н. Милехин, и др. Под общ. ред. Нишпала Г.А. –- М.: ЦЭИ Химмаш, 2002. – 113 с.

12. Дерябин, П.Н. Действие артиллерийских боеприпасов: Учебное пособие / П.Н. Дерябин, А.А. Ганин и др.– Пенза: ПАИИ, 2004. – 220 с.

13. Вороновский, Д.Д. Материальная часть артиллерии, боеприпасы и приборы. Учебник для артиллерийских училищ / Д.Д. Вороновский – М.: Воениздат, 1958. – 335 с.

14. Будников, М.А. Взрывчатые вещества и пороха / М.А. Будников, А.А. Левкович, И.В. Быстров и др. – М.: Оборонгиз, 1955. – 363 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Учебное издание

Каляженков Александр Николаевич
Мальгин Дмитрий Павлович

ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА И ПОРОХА

Учебное пособие

Техн. редактор *А.В. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 06.06.2014 Формат 64×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 8,37. Тираж 50 экз. Заказ 212/529.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.